

**EVALUACIÓN DEL PRE-TRATAMIENTO DEL GARBANZO (*Cicer arietinum* L.)
EN LA CALIDAD DE LA MASA HUMEDA OBTENIDA, COMO INGREDIENTE
PARA LA ELABORACIÓN DE UN PRODUCTO TIPO SNACK**

**DINA KATHERIN BALTA LÓPEZ
NATALIA OSPINA MANRIQUE**

**Trabajo de grado presentado como requisito para obtener el título de
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

Línea de profundización: Agroindustrias de la Biodiversidad

**Director: Ing. Javier Alexander Jiménez Forero
Msc. Diseño y gestión de procesos**

**Codirector: Andrea Cristina Bolívar Orduz
Química farmacéutica; director técnico productos Naturela S.A.S**

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
VILLAVICENCIO
2018**

CONTENIDO

1. RESUMEN	9
2. ABSTRACT	10
3. INTRODUCCIÓN	11
3.1. Planteamiento del problema.....	11
3.2. Justificación.....	12
4. OBJETIVOS	13
4.1. Objetivo general	13
4.2. Objetivos específicos	13
5. MARCO TEÓRICO	14
5.1. Descripción Botánica del Garbanzo	14
5.2. Producción de Garbanzo en Colombia y en el mundo	15
5.3. Composición química del garbanzo	17
5.4. Descripción de las principales macromoléculas que componen el garbanzo y su influencia en las características de los alimentos.....	19
5.4.1. PROTEÍNAS	19
5.4.2. ALMIDÓN	19
5.4.3. LÍPIDOS	20
5.5. Aspectos nutricionales del consumo de garbanzo	20
5.6. Proteína de garbanzo como sustituto de proteína animal	21
5.7. Snacks gustos y tendencias- mercado de productos saludables	22
5.8. Operaciones unitarias que intervienen en el tratamiento de la muestra... 23	
5.8.1. SECADO DE SÓLIDOS	23
5.8.2. REDUCCIÓN MECÁNICA DE TAMAÑO-MOLIENDA.....	24
5.8.3. SEPARACIÓN DE SÓLIDOS (TAMIZAJE)	24
5.8.4. MÓDULO DE FINURA	24
5.9. Aplicaciones y estudios previos de la harina de garbanzo y sus mezclas	25
6. REVISIÓN DE LITERATURA.....	26
7. METODOLOGÍA	29
7.1. Estudios preliminares.....	30
7.2. Tratamiento del grano	30
7.3. Pruebas físicas.....	31

7.4.	Diseño factorial para la evaluación de las variables de respuesta.	34
7.5.	Materiales y equipos	35
7.5.1.	EQUIPOS.....	35
7.5.2.	MATERIALES E INSUMOS	36
7.5.3.	MATERIA PRIMA	36
7.6.	Tratamiento estadístico	36
8.	RESULTADOS.....	37
8.1.	Tratamiento estadístico.....	50
8.1.1.	INFLUENCIA DE LOS TRATAMIENTOS (CONDICIONES DE HIDRATACIÓN) SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA MASA DE GARBANZO	50
8.1.2.	INFLUENCIA DEL FACTOR RELACIÓN GARBANZO/AGUA (g garbanzo/ ml agua) SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA MASA DE GARBANZO.....	55
8.1.3.	INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA MASA DE GARBANZO.....	59
8.1.4.	INFLUENCIA DEL TIEMPO DE HIDRATACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA MASA DE GARBANZO.....	63
9.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	67
10.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71
10.1.	Conclusiones	71
10.2.	Recomendaciones	72
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
12.	ANEXOS	78

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Planta de Garbanzo.....	14
Fig. 2. Distribución mundial de la producción de Garbanzo	15
Fig. 3. Comportamiento de la producción mundial de Garbanzo por Países	16
Fig. 4. Comportamiento de la producción mundial de Garbanzo por países- (a excepción de India)	16
Fig. 5. Producción Nacional de Garbanzo	17
Fig. 6. Tipos de Garbanzo (Desi (a)- Kabuli (b)).....	22
Fig. 7. Diagrama de proceso tratamiento y análisis del grano.....	29
Fig. 8. Hidratación del grano de garbanzo	31
Fig. 9. Proceso de Tamizaje- Determinación de Módulo de finura	33
Fig. 10. Medición de viscosidad de harina de garbanzo.....	33
Fig. 13. Efecto de la relación garbanzo/agua sobre la CHD a diferentes condiciones de Temperatura y tiempo	40
Fig. 14. Efecto de la relación garbanzo/agua sobre la CHD a diferentes tiempos y a Temperatura de 25°C.....	40
Fig. 15. Efecto de la relación garbanzo/agua sobre la CHD a diferentes tiempos y Temperatura de 35°C.....	40
Fig. 16. Efecto del tiempo sobre la CHD a diferentes condiciones de relación garbanzo/ agua y Temperatura	41
Fig. 17. Efecto del tiempo sobre la CHD a diferentes condiciones de relación garbanzo/ agua y a Temperatura de 25°C	41
Fig. 18. Efecto del tiempo sobre la CHD a diferentes condiciones de relación garbanzo/ agua y a Temperatura de 35°C	42
Fig. 19. Efecto de la relación garbanzo/agua sobre el Módulo de Finura a diferentes condiciones de Temperatura y tiempo.....	42
Fig. 20. Efecto de la relación garbanzo/agua sobre el Módulo de Finura a diferentes tiempos de hidratación y a una Temperatura de 25°C	43
Fig. 21. Efecto de la relación garbanzo/agua sobre el Módulo de Finura a diferentes tiempos de hidratación y a una Temperatura de 35°C	43
Fig. 22. Efecto del tiempo de hidratación sobre el Módulo de Finura a diferentes Temperaturas y relación garbanzo/agua.....	44
Fig. 23. Efecto del tiempo de hidratación sobre el Módulo de Finura a diferente relación garbanzo/agua y a una Temperatura de 25°C.....	44
Fig. 24. Efecto del tiempo de hidratación sobre el Módulo de Finura a diferente relación garbanzo/agua y a una Temperatura de 35°C.....	45
Fig. 25. Comportamiento de la viscosidad respecto a los tratamientos aplicados al garbanzo	45
Fig. 26. Comportamiento de la viscosidad respecto al factor Relación agua/garbanzo R1/1.....	46
Fig. 27. Comportamiento de la viscosidad respecto al factor Relación agua/garbanzo R1/2.....	46
Fig. 28. Comportamiento de la viscosidad respecto al factor Relación agua/garbanzo R1/3.....	47

Fig. 29. Comportamiento de la viscosidad respecto al factor Temperatura (25°C)	47
Fig. 30. Comportamiento de la viscosidad respecto al factor Temperatura (35°C)	48
Fig. 31. Comportamiento de la viscosidad respecto al factor Tiempo (4 h)	48
Fig. 32. Comportamiento de la viscosidad respecto al factor Tiempo (6 h)	49
Fig. 33. Comportamiento de la viscosidad respecto al factor Tiempo (8 h)	49
Fig. 34. Diagrama de cajas Tratamientos de hidratación vs Capacidad de Hidratación (CHD)	50
Fig. 35. Diagrama de cajas Tratamientos de hidratación vs Módulo de finura (MF)	51
Fig. 36. Diagrama de cajas Tratamientos de hidratación vs Viscosidad (mPa/s)	51
Fig. 37. Diagrama de Tukey Tratamiento vs Capacidad de Hidratación (CHD)	53
Fig. 38. Diagrama de Tukey Tratamiento vs Módulo de Finura (MF)	54
Fig. 39. Diagrama de Tukey Tratamiento vs Viscosidad (mPa/s)	54
Fig. 40. Diagrama de cajas Relación garbanzo/ agua vs Capacidad de Hidratación (CHD)	55
Fig. 41. Diagrama de cajas Relación garbanzo/ agua vs Módulo de Finura (MF)	56
Fig. 42. Diagrama de cajas Relación garbanzo/ agua vs Viscosidad (g garbanzo/ ml agua)	56
Fig. 43. Diagrama de Tukey Relación garbanzo/ agua (g garbanzo/ ml agua) vs Viscosidad (mPa/s)	59
Fig. 44. Diagrama de cajas Temperatura vs Capacidad de Hidratación (CHD)	59
Fig. 45. Diagrama de cajas Temperatura vs Módulo de Finura (MF)	60
Fig. 46. Diagrama de cajas Temperatura vs Viscosidad (mPa/s)	60
Fig. 47. Diagrama de Tukey Temperatura de hidratación (°C) vs Viscosidad (mPa/s)	63
Fig. 48. Diagrama de cajas Tiempo de hidratación vs Capacidad de Hidratación (CHD)	63
Fig. 49. Diagrama de cajas Tiempo de hidratación vs Módulo de Finura (MF)	64
Fig. 50. Diagrama de cajas Tiempo de hidratación vs Viscosidad (mPa/s)	64
Fig. 51. Diagrama de Tukey Tiempo de hidratación (h) vs Viscosidad (mPa/s)	67

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Composición (%base seca) química de algunas leguminosas	18
Tabla 2. Principales polisacáridos en el Garbanzo.....	18
Tabla 3. Composición de la cuajada respecto al garbanzo	21
Tabla 4. Aplicaciones y estudios previos en el uso del grano y harina de garbanzo	26
Tabla 5. Diseño factorial.....	30
Tabla 6. Diseño para la prueba de Módulo de finura.....	32
Tabla 7. Arreglo factorial de la investigación	34
Tabla 8. Tabla de datos arreglo factorial	34
Tabla 9. Lista de equipos	35
Tabla 10. Lista de materiales e insumos	36
Tabla 11. Listado de materia prima	36
Tabla 12. Resultados de las variables evaluadas para los diferentes tratamientos de hidratación del garbanzo	37
Tabla 13. Lecturas de viscosidad a 10, 30 y 100 rpm	38
Tabla 14. Anova para cada tratamiento de hidratación	52
Tabla 15. Test de Normalidad de Shapiro tratamiento vs variables de respuesta.	52
Tabla 16. Test de Bartlett tratamiento vs variables de respuesta.....	53
Tabla 17. Anova para cada condición de relación garbanzo/agua	57
Tabla 18. Test de Normalidad de Shapiro Relación garbanzo/agua vs variables de respuesta.....	57
Tabla 19. Test de Bartlett tratamiento vs variables de respuesta.....	57
Tabla 20. Test de Kruskal Wallis para contrastes no paramétricos- Relación garbanzo/agua Vs variables de respuesta	58
Tabla 21. Comparaciones múltiples ~Método de Kruskal~ Relación garbanzo/agua vs Capacidad de Hidratación (CHD)	58
Tabla 22. Comparaciones múltiples ~Método de Kruskal~ Relación garbanzo/agua vs Módulo de Finura (MF)	59
Tabla 23. Anova para cada Temperatura aplicada.....	61
Tabla 24. Test de Normalidad de Shapiro Temperatura vs variables de respuesta	61
Tabla 25. Test de Bartlett Temperatura vs variables de respuesta	61
Tabla 26. Test de Kruskal Wallis para contrastes no paramétricos- Temperatura vs Variables de respuesta.....	62
Tabla 27. Comparaciones múltiples ~Método de Kruskal~ Temperatura vs Capacidad de Hidratación (CHD)	62
Tabla 28. Comparaciones múltiples ~Método de Kruskal~ Temperatura vs Módulo de Finura (MF).....	62
Tabla 29. Anova para cada tiempo de hidratación	65
Tabla 30. Test de Normalidad de Shapiro Tiempo de hidratación vs variables de respuesta.....	65
Tabla 31. Test de Bartlett Tiempo de hidratación vs variables de respuesta	66

Tabla 32. Test de Kruskal Wallis para contrastes no paramétricos - Tiempo de hidratación vs variables de respuesta	66
Tabla 33. Comparaciones múltiples ~Método de Kruskal~ Tiempo de hidratación vs Capacidad de Hidratación (CHD)	66
Tabla 34. Comparaciones múltiples ~Método de Kruskal~ Tiempo de hidratación vs Módulo de Finura (MF)	67
Tabla 35. Conclusiones de los Anovas	70

LISTA DE ANEXOS

Anexo. 1 Balanza determinadora de humedad	78
Anexo. 2. Balanza de precisión	78
Anexo. 3. Baño de María.....	79
Anexo. 4. Horno deshidratador de alimentos	79
Anexo. 5. Adecuación de la masa para la elaboración de snack de arroz con garbanzo	80
Anexo. 6. Moldeamiento de los snacks	80
Anexo. 7. Producto final	81

1. RESUMEN

En los últimos años ha sido posible evidenciar una mayor diversificación en la dieta y la implementación de hábitos de vida saludable. Esto en gran medida por el aumento de enfermedades relacionadas con la mala alimentación y el sedentarismo y por las posibles afectaciones hacia el medio ambiente que podría ocasionar el excesivo consumo de proteína animal y la sobre explotación de los recursos pecuarios. Las proteínas lácteas ostentan un papel importante en los productos de panificación tanto a nivel funcional como organoléptico, lo cual hace compleja su sustitución por proteína vegetal. La presente investigación se realizó en conjunto con la empresa Naturela S.A.S, en la cual se elaboró un snack de arroz, reemplazando la proteína láctea por proteína de garbanzo, evaluando las condiciones de pretratamiento necesarias para obtener las características adecuadas para que el producto fuese aceptado por el cliente. En el pretratamiento realizado al garbanzo se variaron las siguientes condiciones de hidratación: Relación garbanzo/agua (1/1; 1/2; 1/3 g/ml), Temperatura (25 °C, 35 °C) y Tiempo (4 h, 6 h y 8 h). Las propiedades físicas evaluadas en el garbanzo hidratado fueron la Capacidad de Hidratación (CHD), el Módulo de Finura y la Viscosidad. A través del tratamiento estadístico realizado se logró concluir que la temperatura no fue un factor significativo sobre ninguna de las variables de respuesta evaluadas, la relación agua/garbanzo influyó sobre la CHD y la Viscosidad pero no sobre el módulo de finura y el tiempo de hidratación del grano afectó todas las variables evaluadas. El producto final elaborado a partir de las diferentes combinaciones de factores fue sometido a valoración organoléptica por parte de los clientes (proveedores mayoristas) de Naturela S.A.S, lo que dio como resultado la escogencia del tratamiento R12T25t6, el cual fue hidratado a una relación garbanzo/agua R 1/2 g/ml por un tiempo de 6 horas, a temperatura ambiente (25 °C). Las características físicas encontradas en este tratamiento fueron: CHD: $0,3927 \pm 0,0010$ g agua/ semilla; MF: $1,6312 \pm 0,0003$ y una viscosidad de $1.015,2500 \pm 34,29$ mPa/s a 10 rpm, $983,0071 \pm 16,99$ mPa/s a 30 rpm y $211,4428 \pm 1,01$ mPa/s a 100 rpm. Se concluyó que, para la preparación de snack de arroz se requiere que el garbanzo tratado presente partículas finas ($MF \leq 2,30$), alta capacidad de hidratación y viscosidad no menor a $211,4428 \pm 1,01$ mPa/s a 100 rpm. Dadas las anteriores condiciones es posible afirmar que es viable utilizar proteína de garbanzo, como sustituto de cuajada en la elaboración de un snack de arroz, proporcionando características organolépticas y estructurales propias de este tipo de productos.

2. ABSTRACT

In last years has been possible to show greater diversification in the diet and the implementation of healthy lifestyle habits. This is largely due to the increase in diseases related to poor diet, sedentary lifestyle and the possible effects on the environment that could result from excessive consumption of animal protein and over-exploitation of livestock resources. Dairy proteins have an important role in baking products functionally and organoleptically, which makes complex their substitution by vegetable protein. The present investigation was carried out in conjunction with the company Naturela SAS, in which a rice snack was elaborated, replacing the milk protein with chickpea protein, evaluating the necessary pre-treatment conditions to obtain the adequate characteristics so that the product was accepted by the client. In the pretreatment carried out on the chickpea, the following hydration conditions were varied: Chickpea / water ratio (1/1, 1/2, 1/3 g / ml), temperature (25 ° C, 35 ° C) and time (4 h 6 h and 8 h). The physical properties evaluated in the hydrated chickpea were the Hydration Capacity (CHD), the Fineness Module and the Viscosity. Through the statistical treatment carried out, it was concluded that temperature was not a significant factor over any of the evaluated response variables, the water/ chickpea ratio influenced CHD and Viscosity, but not the fineness modulus and the hydration time of the grain affected all the variables evaluated. The final product prepared from the different combinations of factors was subjected to organoleptic assessment by customers (wholesalers) of Naturela SAS, which resulted in the choice of treatment R12T25t6, which was hydrated to a chickpea/water relation R 1/2 g/ml for a period of 6 hours, at room temperature (25 °C). The physical characteristics found in this treatment were: CHD: 0.3927 ± 0.0010 g water/seed; MF: 1.6312 ± 0.0003 and a viscosity of $1,015.2500 \pm 34.29$ mPa/s at 10 rpm, 983.0071 ± 16.99 mPa/s at 30 rpm and 211.4428 ± 1.01 mPa/s at 100 rpm. It was concluded that, for the preparation of rice snack, the treated chickpea must have fine particles ($MF \leq 2,30$), high hydration capacity and viscosity not less than $211,4428 \pm 1,01$ mPa/s at 100 rpm. Given the above conditions it is possible to affirm that it is feasible to use chickpea protein as a substitute for curd in the preparation of a rice snack, providing organoleptic and structural characteristics of this type of products.

3. INTRODUCCIÓN

3.1. Planteamiento del problema

Tendencias como el veganismo y el vegetarianismo, a pesar de no ser nuevas, si presentan un crecimiento acelerado, pues en los últimos años presenta un indicador de crecimiento del vegetarianismo es de alrededor del 8% anual, alcanzando según la Unión Vegetariana Internacional más de 600 millones de vegetarianos alrededor del mundo. La mayor parte de la población vegetariana podemos encontrarla en la India, con alrededor del 40% de su población, lo cual está orientado principalmente en razones religiosas y culturales, así como en Israel, debido al judaísmo.

Existen diferentes corrientes alimenticias que no incluyen ningún producto de origen animal en sus dietas o también, consumidores que prefieren no consumir lácteos y/o cárnicos debido a diversos estudios y teorías recientes acerca de la afectación de este tipo de proteínas en la salud humana, dada la relación entre el aumento mundial de su consumo y el aumento del cáncer. Según un estudio de *The Green Revolution*, en Alemania se multiplicaron por dieciocho (18) los artículos para veganos.

En las generaciones actuales es posible evidenciar una creciente preocupación por la salud y la estética, razón por la cual se está presentando diversificación en la dieta y la implementación de hábitos de vida saludable. Tendencias como vegetarianismo, veganismo, *flexivegetarismo*, alimentación orgánica, nutraceuticos, entre otros, son cada vez menos ajenos a nuestro conocimiento. Esto en gran medida por el aumento de enfermedades relacionadas con la mala alimentación y el sedentarismo como la diabetes, la obesidad y problemas gastrointestinales y cardiovasculares. Otro factor de gran influencia en estas nuevas tendencias, son las posibles afectaciones al medio ambiente que conllevan el excesivo consumo de proteína animal y la sobre explotación de los recursos pecuarios. Cada vez son más los personajes de diversas ramas de la vida pública los que se interesan en estas causas y deciden aportar a la solución de estas problemáticas.

El mercado en los últimos años está incursionando en nuevos productos para suplir estas necesidades, sin embargo, a pesar que aún son muy exclusivos y costosos, ya es común ver en los anaqueles leches alternativas como las de avena, soja y almendras y carnes provenientes de diversas fuentes vegetales.

En productos de panificación como los tipos snack, las proteínas lácteas juegan un papel muy importante tanto funcional como organoléptico, lo cual hace compleja su sustitución por proteína vegetal, lo que muestra la necesidad de evaluar la

viabilidad física y química de diversas proteínas vegetales que permitan suplir una necesidad actual y ampliar y diversificar el mercado.

A partir de lo anterior, surge la siguiente pregunta de investigación, ¿Cuáles serán las condiciones de pretratamiento del grano de garbanzo que permitan obtener una harina con propiedades físicas que permitan su uso como sustituto proteico en productos de panificación tipo snack?

3.2. Justificación

La oferta comercial de productos sanos y nutritivos se ha ido incrementado en el mercado Colombiano, lo que está relacionado con la mayor preocupación tanto por la apariencia física como por la salud del consumidor, esto ha traído al mercado productos bajos en grasa, en azúcar y con alto contenido de fibra (Dinero, 2018), dentro de estas tendencias se incluye las dietas sin ingesta de proteína animal. En el caso de los productos lácteos, estos están siendo asociados con enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer, ligados a la proteína caseína (Soedamah-Muthu et al., 2011), (Knippschild et al., 2005), (Shay, Gruenstein, & Shimkin, 1964). No obstante, la información referente al tema en Colombia es muy escasa.

Los nuevos mercados que se están abriendo no son necesariamente estrictos, lo que permite a las industrias diversificar en sus productos y ofrecer comida vegana o vegetariana no exclusivamente a esta población. Estos nuevos mercados se están inspirando en un nuevo tipo de consumidores conocidos como flexitarianos, personas que se preocupan por el impacto de la producción de proteína animal en el medio ambiente y sus efectos sobre su salud, a la vez que no están dispuestos a renunciar definitivamente a este tipo de proteína. De esta forma, aumentan el consumo de verdura y proteína vegetal y disminuyen los cárnicos y lácteos (Camargo, 2017).

Las legumbres, gracias a su alto contenido de proteínas, fibra y bajo contenido en grasa, se están convirtiendo en el sustituto ideal para las proteínas de origen animal, siendo a su vez una fuente accesible a todo tipo de consumidor por su bajo costo (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO, 2016).

Entre las diversas legumbres que contribuyen al aporte de nutrientes se encuentra el garbanzo (*Cicer arietinum* L), rico en proteínas, en almidón, fibra y lípidos (más que otras legumbres), convirtiéndolo en un alimento muy valioso desde el punto de vista nutricional (Aguilar Raymundo, V.G; Vélez Ruiz, 2013).

Diferentes tipos de mercado tienen un alto contenido de productos lácteos como mantequillas, quesos y cuajadas (queso fresco de vaca), de gran importancia tanto en la palatabilidad como en la estructura y procesamiento de este tipo de

productos, razón por la cual se hace complejo su reemplazo. No obstante, se adelantan estudios que buscan mantener las características apetecidas organolépticas y estructurales de estas materias primas en este tipo de productos (Shay et al., 1964).

En este contexto, Productos Naturela S.A.S, ofrece un producto innovador, natural, con alto valor nutricional y sabor agradable, en el cual se sustituye la tradicional cuajada del snack de arroz llanero (pan de arroz) por garbanzo como fuente proteínica, el cual ha sido aceptado y se encuentra disponible en el mercado actualmente (Naturela S.A.S, 2017).

Dado que se evidencia aceptación de este producto por parte del consumidor, se considera una gran oportunidad el evaluar las características físicas de la masa de garbanzo adicionada a este producto en reemplazo de la proteína láctea.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Determinar el efecto de diferentes condiciones de hidratación del grano de garbanzo (*Ciser arietinum L.*) en la calidad de la masa obtenida para la elaboración de un producto tipo snack.

4.2. Objetivos específicos

- Evaluar las propiedades de absorción de agua, módulo de finura y viscosidad de la masa húmeda de garbanzo Kabuli sometido a diferentes condiciones de hidratación.
- Determinar de acuerdo a las pruebas fisicoquímicas y organolépticas, la masa húmeda de mayor aceptación para la elaboración de producto tipo Snack.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Descripción Botánica del Garbanzo

Fig. 1. Planta de Garbanzo



Fuente: (Plant Village, 2015)

Es una planta anual de la familia de las leguminosas, de raíces profundas, vellosas y ramificadas, no alcanza alturas superiores a los 60 cm, sus hojas son pubescentes, compuestas y paripinnadas y tiene de 6 a 8 hojas. Dado que son legumbres, sus frutos vienen en vaina con uno o dos granos en su interior (Antonio & Mancera, 2002).

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es una leguminosa originaria del oeste de Asia, cuya producción se ha distribuido ampliamente en el mundo, ocupa el tercer lugar entre las leguminosas de producción mundial, expandiéndose a Turquía, Canadá y Australia (Singh, Singh Sandhu, & Kaur, 2004). Los factores que mayormente afectan su producción son los bajos rendimientos de variedades locales, el estrés ambiental, plagas y enfermedades y el pobre manejo del cultivo (Departamento de Gestión de Recursos Naturales y Medio Ambiente Consultative Group on International Agricultural Research Technical Advisory Committee, 2012).

El garbanzo es una de las primeras leguminosas cultivadas de forma doméstica y actualmente es ampliamente cultivada en Asia y África, con lo cual proporciona una gran ayuda para el sustento económico de sus cultivadores (Singh et al., 2004).

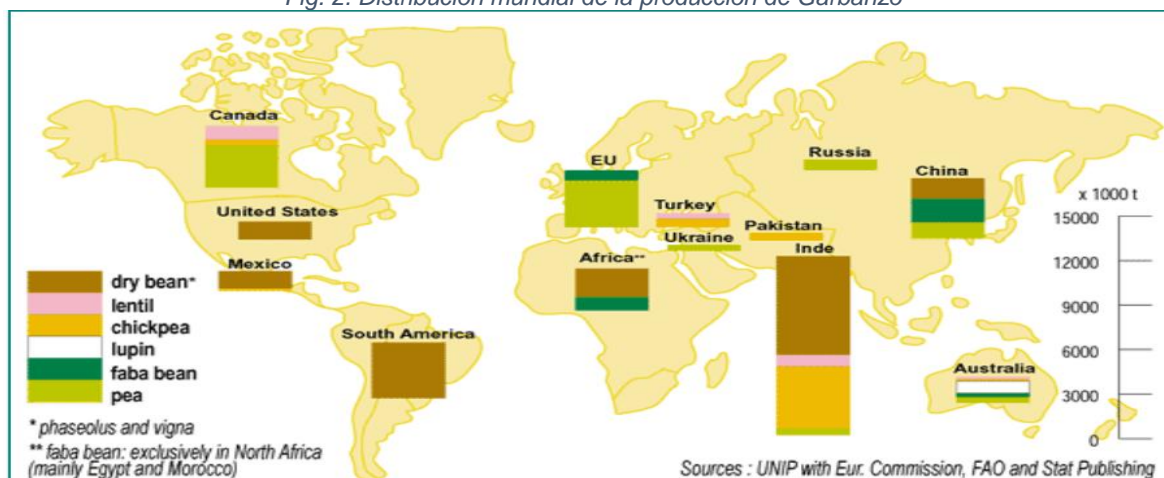
Se conocen dos tipos de garbanzo: Kabuli y Desi, estos son morfológicamente distintos, el tipo Kabuli presenta vainas relativamente largas con semillas grandes de color lechoso y menos arrugadas que el tipo Desi, el cual es más pequeño, oscuro y arrugado. (Plant Village, 2015)

El cultivo de garbanzo es generalmente resistente a la sequía, no presenta mayores requerimientos de humedad y muestra una amplia tolerancia a la temperatura (5-35°C) (Plant Village, 2015).

5.2. Producción de Garbanzo en Colombia y en el mundo

Actualmente, este cultivo está tomando fuerza en los países en vía de desarrollo y su producción va en aumento, pues es considerado un importante ingrediente alimentario gracias a su alto contenido en fibra dietética, minerales, proteínas y fitoquímicos (Singh et al., 2004)

Fig. 2. Distribución mundial de la producción de Garbanzo



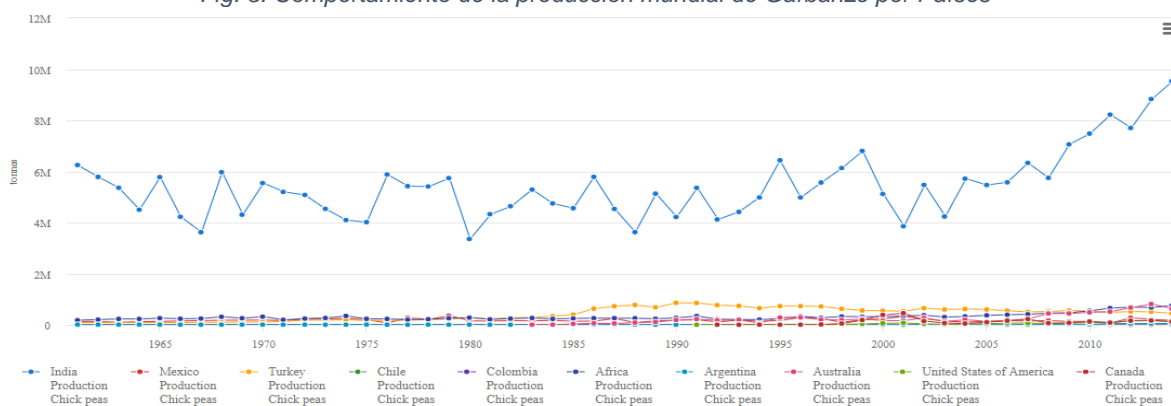
Fuente: (K. H. . Siddique & Krishnamurthy, 2016)

El garbanzo (*Cicer arietinum*) junto con el guisante de campo (*Pisum sativum*), lupino (*Lupinus*), lentejas (*Lens culinaris*), habas (*Vicia fabae*), y el frijol mungo (*Vigna radiate*), son las leguminosas más importantes a nivel mundial. Todas ellas representan en el 79.89% de la producción global (81,8 millones de toneladas) en 2016 (K. Siddique, 2016).

En la figura 2 puede evidenciarse que India es el mayor productor de garbanzos (chickpea) a nivel mundial, no obstante, también es el mayor consumidor (Statista, 2018). El segundo productor es Turquía, seguido de Pakistán y Australia, quien presenta producción significativa y creciente a partir de los años 80's. La producción en África se ha mantenido por encima de las 700.000 Ton a 2014, con un amplio aumento a partir de los años 90's. Estos incrementos en la producción se ven acompañado por el aumento de sus rendimientos, lo que muestra la incorporación de nuevas tecnologías que potencian los rendimientos

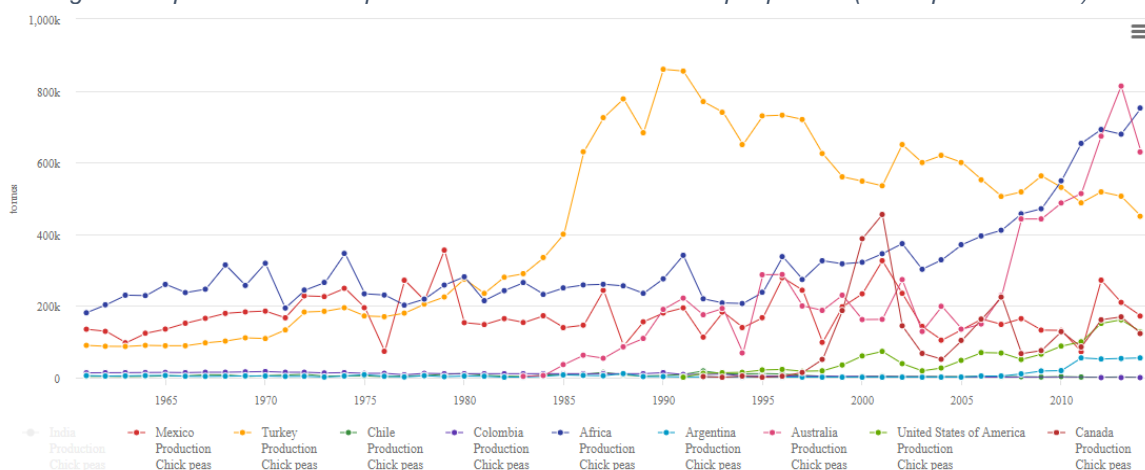
Mientras en Asia, principalmente en la India, dadas sus costumbres y cultura, la producción y consumo de garbanzo se ha mantenido amplia a pesar de algunos picos. En América, el aumento de la producción del grano se presenta a partir de los años 80's dado el aumento del consumo en los países en desarrollo. En los países desarrollados, por el contrario, prefieren el consumo de alimentos con mayor concentración de proteínas como la leche y la carne. Tal es el caso de Australia que, a pesar de su alta producción de garbanzo, su mayor destino es la exportación, convirtiendo a este país en el mayor proveedor de esta legumbre a nivel mundial. Cabe resaltar que la proteína de origen vegetal (legumbres) es mucho más económica que la de origen animal, lo cual la convierte en una opción económica para el complemento nutricional (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO, 2016).

Fig. 3. Comportamiento de la producción mundial de Garbanzo por Países



Fuente: (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017)

Fig. 4. Comportamiento de la producción mundial de Garbanzo por países- (a excepción de India)

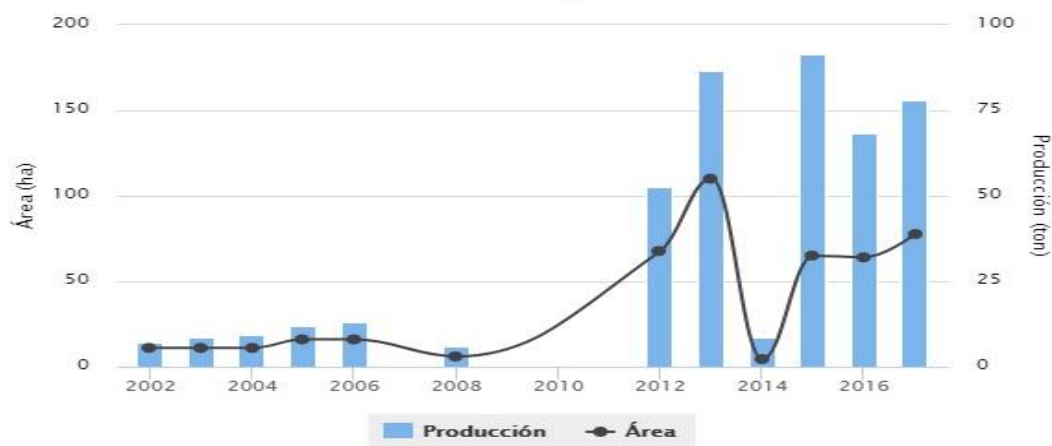


Fuente: (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017)

A nivel América Latina, el mayor productor de garbanzo es México, seguido de Argentina, que ha venido presentando un repunte en los últimos 10 años, mientras tanto, la producción de Colombia y Chile han presentado un fuerte descenso hasta el año 2010, a partir de entonces se presenta un leve aumento en la producción en Colombia. Para los años 60's y 70's la producción colombiana alcanzaba las 15.000 Ton, sin embargo, para los años 90's se presenta un descenso con apenas 137 Ton para el 2015.

En términos generales, la producción mundial de garbanzo está en aumento posiblemente por la alternativa que representa a la obtención de proteína de calidad de fuentes no animales (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017).

Fig. 5. Producción Nacional de Garbanzo



Fuente: (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018)

La información acerca del comportamiento de la producción nacional de garbanzo es bastante escasa, sin embargo, según lo reportado por Agronet, el principal productor es Cauca (59,85 Ton; 2017), seguido de Cundinamarca (3,0 Ton; 2017). Se reportan datos de producción en el departamento de Boyacá de 2002 a 2008 de forma decreciente. Lo anterior evidencia que la producción de garbanzo no es fuerte en Colombia (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018).

5.3. Composición química del garbanzo

El garbanzo que regularmente se consume y se encuentra en el mercado ha sido previamente secado y según lo establecido en el Codex Alimentarius para cereales, leguminosas y productos proteínicos vegetales (Organización Mundial de la Salud, 2007), deben contener una humedad aproximada de entre 14-16%. Los valores composicionales del grano que se establecerán a lo largo de la presente investigación serán por tanto en base seca.

Tabla 1. Composición (%base seca) química de algunas leguminosas

Leguminosa	Proteína	Lípidos	Carbohidratos	Fibra	Minerales
<i>Frijol negro</i>	26,9	1,6	66,9	1,0	3,6
<i>Judía mungo</i>	26,7	2,3	64,0	7,2	3,6
Garbanzo	22,7	5.0	66,3	3,0	3,0
<i>Alubias</i>	24,1	1,8	65,2	4,5	4,4
<i>Chícharos</i>	27,4	1,3	66,6	0,9	3,8
<i>Lentejas</i>	28,6	0,8	67,3	0,8	2,4

Fuente: (Aguilar Raymundo, V.G; Vélez Ruiz, 2013)

La composición química del garbanzo crudo es de alrededor del 22-26% de proteína, 5,0% de grasa, 66% de carbohidratos, 3% de fibra y 3% de minerales (Cantidades expresadas en porcentaje (%) b.s.) El garbanzo es además una de las leguminosas con mayor contenido de oligosacáridos (Aguilar Raymundo, V.G; Vélez Ruiz, 2013).

Un aspecto que favorece el consumo de esta leguminosa es que posee poca cantidad de factores anti nutricionales (Flores-Silva et al., 2015) y éstos disminuyen con el remojo (Aguilar Raymundo, V.G; Vélez Ruiz, 2013), con lo cual también se logra mejorar el acceso a sus nutrientes sin tener que someter a fuertes métodos de cocción, como sucede también con otras leguminosas, dada su dura textura.

Se ha estudiado también la adición de diferentes sustancias durante el remojo para facilitar el proceso de ablandamiento del grano y reducir el tiempo de proceso, como lo expresado por (Milán-Carrillo, Reyes-Moreno, Armienta-Rodelo, Carábez-Trejo, & Mora-Escobedo, 2000), quienes referencian el uso de soluciones salinas como el bicarbonato de sodio, con lo que además se lograría reducir el contenido de sustancias anti nutricionales. En este estudio se determinó el contenido proximal de la harina garbanzo de duro, encontrando la siguiente relación en sus componentes: proteína: 22,53±0,03%; carbohidratos: 69,45±0,03%; lípidos: 5,01±0,02%; cenizas: 2,98±0,05%.

Según lo encontrado en diferentes fuentes, se encuentran valores composicionales del garbanzo en grano y en harina muy cercanos.

Tabla 2. Principales polisacáridos en el Garbanzo

Tratamiento	Azúcares reductores	Sacarosa	Rafinosa	Stachyose	Verbascose	Almidón
Crudo	0.97 ± 0.04	1.89 ± 0.08	1.45 ± 0.07	2.56 ± 0.08	0.19 ± 0.06	36.91 ± 0.60
Hervido	0.60 ± 0.05	1.23 ± 0.08	0.76 ± 0.05	1.52 ± 0.07	0.00 ± 0.00	36.51 ± 0.40
Autoclave	0.63 ± 0.04	1.19 ± 0.11	0.81 ± 0.09	1.46 ± 0.06	0.00 ± 0.00	36.69 ± 0.29
Microondas	0.67 ± 0.05	1.36 ± 0.11	0.71 ± 0.08	1.47 ± 0.07	0.00 ± 0.00	36.81 ± 0.50
Germinado	0.72 ± 0.05	1.35±.012	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00 ±0.00	34.27 ±0.37

Fuente: (Torres-Moreno, Torrescasana, Salas-Salvadó, & Blanch, 2015)

5.4. Descripción de las principales macromoléculas que componen el garbanzo y su influencia en las características de los alimentos.

5.4.1. PROTEÍNAS

Las proteínas son biomoléculas de gran importancia en los sistemas alimenticios debido a sus propiedades nutricionales y funcionales. Estas últimas ayudan a establecer la estructura y características organolépticas de los alimentos tales como color, olor, sabor y textura (Badui Dergal, 2006).

En la industria de la panificación, las proteínas están relacionadas con la viscosidad y la capacidad de formar pastas, esto es evidenciado normalmente con las proteínas del trigo (gluten). Por su parte, las proteínas lácteas intervienen en la estructura de pastelería y confitería. Todo esto se debe a la estructura tridimensional de las moléculas proteínicas. En la panificación, las propiedades principalmente buscadas a partir de proteínas son la elasticidad, capacidad de ligar grasa y sabores, adhesión y absorción de agua.

En los últimos años la industria alimentaria está buscando alternativas a las fuentes actuales de proteína y lo está haciendo principalmente a partir de fuentes vegetales como las legumbres. A partir de ellos se están realizando diversas investigaciones dado que se requiere que estas alternativas suplan las características funcionales y nutricionales que las fuentes actuales (Camargo, 2017)

5.4.2. ALMIDÓN

Después de la celulosa es probablemente el polisacárido más importante desde el punto de vista comercial dadas sus amplias aplicaciones comerciales. Es posible encontrarlo principalmente en tubérculos y cereales como reservorio de energía en forma de pequeños gránulos cuyo tamaño y forma suelen ser estudiados a través de diversos métodos de microscopía. Químicamente el almidón está compuesto por amilosa y amilopectina, siendo esta última encontrada normalmente en mayor concentración (73-83%). Estos dos polisacáridos presentan una gran influencia en las propiedades reológicas y sensoriales de los alimentos gracias a su gran capacidad de hidratación y gelatinización (Badui Dergal, 2006).

La estructura rígida de los gránulos de almidón lo hacen inalterable durante el proceso de molienda, lo cual facilita que sea sometido a este proceso normalmente usado en la industria, sin embargo, no presenta la misma estabilidad a la temperatura, lo que puede traer consigo cambios en la viscosidad y solubilidad. Por esta razón, se debe cuidar el no aumentar la temperatura durante la molienda.

El almidón tiene un impacto importante en el procesamiento, calidad y estabilidad de sus productos derivados, es por ello que se hace importante ampliar el conocimiento de su comportamiento (Pineda-Gómez, Coral, Arciniegas, Rorales-Rivera, & Rodríguez García, 2009).

El almidón no es soluble en agua fría dado lo organizado de las estructuras de amilosa y amilopectina, sin embargo, al presentarse aumento de *temperatura* se presenta el proceso de *absorción de agua*. Con esto, el grano se hincha y aumenta su volumen llegando a un punto donde es incapaz de absorber más líquido y se rompe y se da con ello la gelatinización, la cual depende del contenido de amilosa y amilopectina en cada tipo de almidón y de la cantidad que posea el grano. Otra propiedad importante en el almidón y/o en los granos y cereales que lo contienen es su capacidad de hinchamiento, la cual está relacionada a su *capacidad de absorción de agua*. Esta propiedad depende en mayor medida del contenido de amilopectina, mientras que la amilosa actúa como inhibidor de hinchamiento. En este sentido, a mayor contenido de amilopectina, mayor tendencia al hinchamiento presenta el almidón (Granados, Enrique Guzman, Acevedo, Díaz, & Herrera, 2014).

5.4.3. LÍPIDOS

Son compuestos derivados de ácidos grasos los cuales son la mayor fuente energética (9 Kcal/g) al presentar mayor cantidad de átomos de carbono, respecto a las demás macromoléculas. En fuentes vegetales son conocidos como aceites y se presentan en forma líquida a temperatura ambiente. Sus principales fuentes son semillas oleaginosas, nueces y algunas frutas en menor proporción. En la industria de alimentos aportan importantes características usadas para el procesamiento dado que contribuyen a la textura, estructura, lubricación, entre otros.(Badui Dergal, 2006).

Los lípidos juegan también un importante papel en los procesos de panificación, dado que interviene en la interacción y adhesión entre los demás ingredientes, en productos fermentados atrapan las burbujas de gas que produce la levadura, mantienen la humedad en los productos una vez horneados y confiere textura fina, suavidad y sabor, es plastificante, mejora la palatabilidad y la vida en anaquel (Magaña Barajas, Elisa; Ramírez Wong, Benjamín; Torres Chávez, Patricia Isabel; Sánchez Machado, Dalia Isabel; López Cervantes, 2011).

5.5. Aspectos nutricionales del consumo de garbanzo

Además de la productividad, beneficios económicos y ambientales de la siembra y consumo de legumbres, estas también representan beneficios importantes para la salud, dado que contienen oligosacáridos que mejoran la flora intestinal y

promueven la flora beneficiosa, además, al tener un alto contenido de carbohidratos complejos (fibra dietética) ayudan a mejorar la digestión. Se cree además que al contener ácidos grasos de cadena corta inhiben la formación de cáncer de colon (K. Siddique, 2016).

Los garbanzos son leguminosas deficientes en aminoácidos que contienen azufre, metionina y cisteína, sin embargo, cuando su consumo se mezcla con cereales (como el arroz, por ejemplo), se genera un complemento equilibrado para la nutrición, dado que los cereales son ricos en estos aminoácidos. Estas leguminosas contienen además vitaminas el complejo B y vitaminas C, A y K, que son esenciales para diversas rutas metabólicas. Respecto al contenido de minerales, el garbanzo contiene fósforo, hierro, zinc y calcio (Acharjee & Sarmah, 2013). La composición del garbanzo le convierte en una proteína ideal para las dietas veganas y vegetarianas dado que garantiza un equilibrio de nutrientes y es una ideal fuente de proteína cuyo consumo es muy adecuado, teniendo en cuenta además el aumento de la población y el difícil acceso a otras fuentes de proteína (Bar-El Dadon, Abbo, & Reifen, 2017)

5.6. Proteína de garbanzo como sustituto de proteína animal

Gracias al contenido de grasa y proteína presente en el garbanzo, éste puede usarse como un sustituto a la cuajada que se usa regularmente en diferentes productos de panificación, incluyendo el tradicional pan de arroz, sin necesariamente realizar reemplazo de otros ingredientes.

La cuajada que regularmente se utiliza para la preparación de estos snacks presenta un alto contenido de humedad (58-60%) respecto al garbanzo (14%), lo cual facilita la manipulación y conservación de la proteína vegetal, sin embargo, la cuajada presenta un mayor contenido de grasa, 17-19% en materia húmeda y un 45% en materia seca respecto al garbanzo que tiene un 5% de grasa y un contenido de proteína del 16-18% en base húmeda.

Tabla 3. Composición de la cuajada respecto al garbanzo

Composición (%)	Garbanzo	Cuajada
Grasa	5*	17-19**
Proteína	20-22*	16-18**;45*
Humedad	14	58-60
<i>*Base seca; **Base húmeda</i>		

Fuente: los autores

Fig. 6. Tipos de Garbanzo (Desi (a)- Kabuli (b))



Fuente: (Aguilar Raymundo, V.G; Vélez Ruiz, 2013)

La principal proteína de los quesos es la caseína, la cual en la leche representa alrededor del 80% del total de sus proteínas. Estas se precipitan con la adición de cuajos y posteriormente se separan del suero. Esta proteína es considerada como completa dado su alto valor nutritivo y el contenido de aminoácidos esenciales. Las cantidades presentes en el queso dependen de diversos factores como de la calidad de la leche, la cantidad y tipo de cuajo y del corte y prensado del queso (Badui Dergal, 2006).

5.7. Snacks gustos y tendencias- mercado de productos saludables

Se presenta un incremento en el interés del consumo de las leguminosas, gracias a los múltiples beneficios que supone el consumo de proteína vegetal sobre la de origen animal, la seguridad alimentaria y la salud (Camargo, 2017). Además, la producción de proteína animal genera afectaciones sobre el medio ambiente. Respecto a la seguridad alimentaria cabe resaltar que el rendimiento de la producción de las proteínas derivadas de leguminosas es mayor que la proteína animal dado que presenta mayores requerimientos en cuanto a la conversión de materia prima en proteína. La fibra dietética nutritiva es también una característica de gran interés relacionada con las legumbres (Zhong et al., 2018).

En el estudio “*Características termorreológicas de la suspensión de harina de garbanzos afectada por el contenido de humedad*” (Kahraman, Harsa, Lucisano, & Cappa, 2018a) se encontró que las mezclas de harinas de arroz y garbanzo (relación 25/100) para productos horneados que contienen harina de garbanzo traen consigo una buena estructuración para la masa como opción de un ingrediente saludable para los productos de horneado. En comparación con la masa preparada sólo a base de harina de arroz, la mezcla con harina de garbanzo presenta una mayor cantidad de proteína y grasa. Estas mezclas presentan

grandes oportunidades para los mercados de productos saludables y nutricionales al sustituir la grasa y proteína vegetal y como reemplazo al gluten ya que ambas confieren propiedades viscoelásticas y de elasticidad a la masa las cuales son de amplio uso en panificación y procesamiento de cárnicos (Kahraman et al., 2018a) (Badui Dergal, 2006).

La principal búsqueda al usar mezclas de harinas ha sido la sustitución del gluten, sin embargo, estas mezclas confieren oportunidades importantes para productores y consumidores que lo que buscan es la sustitución de la proteína animal (Kahraman et al., 2018a). En Turquía y en países cercanos es ampliamente consumido un snack a base de garbanzo tostado, en este snack llamado leblebi, durante su proceso de elaboración es humedecido, fermentado, molido y tostado, eliminando la cascarilla de garbanzo casi en su totalidad.

5.8. Operaciones unitarias que intervienen en el tratamiento de la muestra

5.8.1. SECADO DE SÓLIDOS

La operación de secado consiste en retirar el contenido de agua u otro líquido contenido en un material sólido, hasta reducirlo a una cantidad aceptable o establecida. Existen diversos métodos para la separación de agua de un sólido como por ejemplo los de tipo mecánico, para los cuales se usan prensas y/o centrifugas. Los métodos de tipo térmico pueden incluir la adición directa o indirecta de calor o mezcla de éstos y la utilización de energía radiante, dieléctrica o microondas. Los equipos donde la adición de temperatura se realiza por inyección un flujo de gas caliente, generalmente aire son normalmente hornos o túneles de secado (McCabe, Smith, & Harriot, 2002).

La humedad es una variable física que se define como los kilogramos de vapor de agua por Kilogramo de aire seco o kilogramos de agua contenidos en un sólido (Geankoplis, 2003). Para determinar la humedad de una matriz luego del proceso de secado puede utilizarse la siguiente relación:

$$X = \frac{W - W_s}{W_s} \text{ Ec. 1}$$

Donde X es la humedad, W es el peso total del sólido húmedo y W_s es el peso total del sólido seco (Kudrat & Mujumdar, 2009).

En el proceso de determinación de humedad de una muestra se calcula el porcentaje de agua que se pierde en peso como consecuencia del calentamiento,

incluye la preparación de la muestra, pesado, secado, enfriado, y pesado final (García Martínez & Segovia, 2010) Existen varios procedimientos que permiten determinar la humedad de un alimento, utilizando diversos equipos como hornos microondas, liofilización, temperatura baja a presión reducida, e incluso balanzas determinadoras de humedad, equipo que permite que el proceso se realice de manera mucho más rápida sencilla, entre otros, sin embargo, el más usado es el que se realiza con un horno de convección forzada a temperatura constante de alrededor de 105 a 130 °C . La limitación que implica este método es que es destructivo y genera efectos adversos en el producto como la pérdida de sustancias volátiles, la caramelización de los azúcares, y la no aplicabilidad a alimentos azucarados, grasas o aceites esenciales (Vinagre & FAO, 1996).

5.8.2. REDUCCIÓN MECÁNICA DE TAMAÑO-MOLIENDA

Los términos trituración y molienda se usan regularmente para expresar la subdivisión de partículas sólidas grandes a partículas más pequeñas. En la industria de alimentos son frecuentemente usados los molinos de rodillos y para moler avena y cebada y producir harinas y los de martillo para producir harinas como la de papa, tapioca, etc. (Geankoplis, 2003).

5.8.3. SEPARACIÓN DE SÓLIDOS (TAMIZAJE)

Es un método de separación de partículas basado sólo en la diferencia de tamaño, en el cual se vierte el material en estudio sobre un tamiz (malla) o juego de tamices, dejando pasar las partículas pequeñas o finas y reteniendo las de mayor tamaño (gruesos). El tamiz separa las partículas en dos fracciones de tamaño no especificado pues no se tiene precisión sobre el tamaño de éstas, sólo se conocen los límites superior e inferior.

Para medir el tamaño y distribución de las partículas se utiliza una serie de tamices normalizados, los cuales consisten en telas de alambre con aberturas establecidas de forma muy precisa. Cada tamiz se identifica por número de malla y diámetro de sus aberturas, siendo que, como en la serie de Tyler que es la más usada, el área de abertura de un tamiz es exactamente el doble de las aberturas del tamiz inmediatamente anterior.

El análisis de granulometría realizado con tamices se realiza con un conjunto de tamices ensamblados verticalmente, con el tamiz más pequeño al final de la serie y el más grande al inicio y es en éste en donde se adiciona el material, el cual es sometido a sacudidas mecánicas por un tiempo determinado.

5.8.4. MÓDULO DE FINURA

Este valor se puede determinar luego de realizar el proceso de tamizaje. El módulo de finura es un factor obtenido de sumar los *porcentajes acumulados*

retenidos en cada uno de los tamices y dividiendo esta suma por 100 (ASTM, 2001). Según el módulo de finura, una harina puede clasificarse en gruesas ($MF \geq 4,10$), medias ($MF \geq 3,20$), finas ($MF \geq 2,30$) y muy finas ($MF \geq 1,50$).

5.9. Aplicaciones y estudios previos de la harina de garbanzo y sus mezclas

Entre las razones que han promovido los pretratamientos en las legumbres están el contenido de sustancias antinutricionales y el tiempo requerido para su preparación, las cuales han limitado su consumo frente al requerimiento proteínico. En las investigaciones encontradas, los principales tratamientos que se le dan al garbanzo para facilitar su uso y en la evaluación como harinas sustitutas a las tradicionales, encontramos la molienda; tanto húmeda como seca, la hidratación en diferentes periodos de tiempo, con y sin adición de sales, la cocción, fermentación y la germinación.

6. REVISIÓN DE LITERATURA

Tabla 4. Aplicaciones y estudios previos en el uso del grano y harina de garbanzo

Trabajo de investigación	Autores	Conclusiones/ Hallazgos
Harina Tempeh de garbanzo (<i>Cicer arietinum</i> L.) propiedades nutritivas y fisicoquímicas	Angulo-Bejarano et al., 2008	Se fermentó harina de garbanzo (Tempeh), previamente remojada por 16 h y con adición de ácido acético y molida a condiciones iguales al garbanzo no fermentado. Este tratamiento arrojó mayor índice de tamaño de partícula (PSI) ($63,4 \pm 0,64$), temperatura de gelatinización, dispersabilidad, contenido de almidón resistente y menor solubilidad en agua que la harina no fermentada ($74,5 \pm 0,22$).
Efecto de las harinas de leguminosas en las características de panificación del pan sin gluten	Miñarro, Albanell, Aguilar, Guamis, & Capellas, 2012	Se estudiaron cuatro formulaciones de pan sin gluten buscando sustituir la proteína de soja con otras legumbres. El pan de garbanzo mostró la harina más suave y exhibió en general un buen comportamiento sensorial, con una calificación de $5,63 \pm 1,36$, la cual es la más alta respecto a las demás harinas de legumbres usadas (guisante, soja, algarroba). Lo anterior indica que el garbanzo puede ser una buena opción como ingrediente en productos de panificación. El panel sensorial se realizó entre consumidores habituales de pan. (Miñarro, Albanell, Aguilar, Guamis, & Capellas, 2012)
Propiedades fisicoquímicas y reológicas de las mezclas sin gluten basadas en arroz que contienen harinas de garbanzo tratadas de forma diferente	Kahraman et al., 2018	En esta investigación se estudiaron propiedades fisicoquímicas y reológicas de harinas y mezclas de garbanzos, sustituyendo parcialmente la harina de arroz (25/100g) con harinas de garbanzo crudo, tostado y descascarillado. La adición de garbanzo aumentó los módulos de viscosidad y elasticidad de la masa a base de arroz. Los resultados indican propiedades favorables en productos horneados
Efectos de procesamiento térmico en las propiedades funcionales y microestructura de harinas de lentejas, garbanzos y	Ma et al., 2011	El tratamiento térmico (cocción), mostró cambios en la estructura del almidón, probablemente debido a la gelatinización, adicional a esto, mostró también mayor capacidad de unión a la grasa y redujo el contenido de inhibidor de tripsina (anti nutricional), pasando de $\pm 10,1 \text{ mg/g}$ a $\pm 0,4 \text{ mg/g}$. El estudio concluye que las leguminosas

arvejas		tratadas térmicamente pueden tener alto potencial para ser usadas en productos de valor
Características fisicoquímicas, de cocción, textura y tostado de cultivares de garbanzo (<i>Cicer arietinum</i> L.)	Kaur, Singh, & Sodhi, 2005	Se evaluaron cinco cultivares de garbanzo Desi y un cultivar de Kabuli, evaluando peso y volumen de semilla, capacidad e índice de hidratación, capacidad e índice de hinchamiento, entre otras. Se observó variación significativa entre las características fisicoquímicas de cocción, textura y tostado y que la capacidad de hinchamiento e hidratación presenta una correlación positiva con el tiempo de cocción, la dureza y elasticidad del grano remojado.(Kaur, Singh, & Sodhi, 2005). La capacidad de hidratación encontrada en el grano de garbanzo Kabuli fue de $0,20 \pm 0,01$ g agua /semilla
Características termorreológicas de la suspensión de harina de garbanzo afectada por el contenido de humedad	Dolores Álvarez, Fuentes, Dolores Olivares, Cuesta, & Canet, 2014	<p>Se evaluaron propiedades térmicas y dinámicas de la harina y masa de harina de garbanzo, evaluando propiedades viscoelásticas en relación a la proporción garbanzo/agua (1/5, 1/4, 1/3 y 1/2) y adicionando temperaturas de 75 y 90°C para cada una de las relaciones agua/garbanzo, encontrando que la fuerza de la masa depende de la relación garbanzo/agua y de las condiciones de calentamiento isotérmico.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para la relación 1/2 garbanzo/agua, la fuerza del gel fue de $10,646 \pm 583$ Pa y de 283 ± 45 Pa para una relación de garbanzo de 1/5, en ambos casos con una temperatura de calentamiento de 75°C. • Para la relación 1/2 garbanzo/agua, la fuerza del gel fue de 5954 ± 431 Pa y de 412 ± 11 Pa para una relación de garbanzo de 1/5, en ambos casos con una temperatura de calentamiento de 90°C. <p>La mayor fuerza de la gel se evidenció en una relación de garbanzo/agua 1/2 y una temperatura de 75°C. (Dolores Alvarez, Fuentes, Dolores Olivares, Cuesta, & Canet, 2014) .</p>

Dinámica de transferencia de masa en remojo de garbanzo	Páramo et al., 2010	Con el remojo del grano se observaron cambios macroscópicos como la hinchazón del grano y el ablandamiento. Se aplicaron temperaturas de 25°, 50°, 75° y 100°C y la ganancia de agua observada estuvo entre 1,1 y 1,2 /g/g, luego de esto se presentó pérdida de sólidos sin ganancia de agua. Se concluye que La hidratación máxima del grano puede alcanzarse en las relaciones 360 min/ 25°C y 100 min/ 50°C, determinando que lo establecido en la AACC 56-20.01, en donde se establecen 26 h puede ser excesivo.
Desarrollo de un producto de panificación a partir de una harina compuesta de trigo, garbanzo y brócoli.	Toro, 2012	Se usó harina de brócoli y garbanzo para sustituir parcialmente la harina de trigo, en la elaboración de galletas. El MF para cada harina encontrado fue: H. trigo:0,1749; H. brócoli: 1,78; H. garbanzo: 3,29.
Utilización de harinas compuestas de maíz y garbanzo adicionadas con fibra de cáscara de piña para sustitución de harina de trigo en productos de panificación	Hoyos Sánchez, Palacios Peña, & Peña, 2015	En este estudio no se realizó el procesamiento de las harinas, sino la mezcla de ellas para su evaluación en la elaboración de productos de panificación. Se determinó individualmente sus propiedades físicas, así como a sus mezclas, encontrando que H. trigo 2,27±0,11 MF, H. maíz 5,94±0,06 MF, H. garbanzo 4,67±0,05 MF y Fibra piña 4,09±0,01 MF

Fuente: los autores

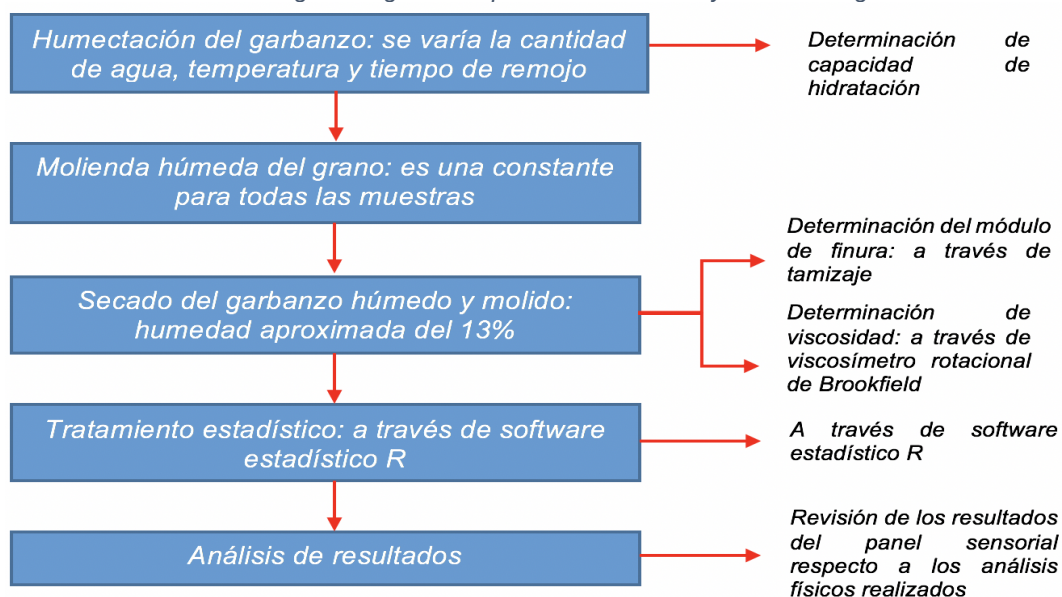
7. METODOLOGÍA

La investigación se realizó en conjunto entre la empresa Naturela S.A.S ubicada en el municipio de Cumaral, Meta y la Universidad de los Llanos, elaborando un snack de arroz tipo *vegano*, para lo cual se sustituyó la proteína animal (cuajada o queso fresco de leche de vaca) por proteína vegetal (garbanzo). Por aspectos legales y de confidencialidad comercial, la formulación usada para la realización del snack no fue objeto de estudio en esta investigación, más sí se evaluaron algunas características físicas de la masa (harina) usada como sustituto proteínico, sometida a diferentes condiciones de humectación, temperatura y tiempo de humectación. Esto para poder acercarnos al entendimiento del comportamiento del garbanzo como ingredientes de productos de panificación. La validación final se realizó respecto al snack que fue aceptado por el mercado.

Se llevaron a cabo algunas pruebas físicas a la harina de garbanzo, sometida a molienda húmeda para evaluar las características que permitieron su mejor comportamiento en la formulación final. Los análisis físicos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad de los Llanos.

Finalmente se realizó una prueba hedónica de tres puntos (me gusta, no me gusta y me es indiferente) a cada una de las muestras utilizadas en la preparación del snack para efectuar una posterior relación entre el snack de mayor aceptación en la prueba y sus características físicas evaluadas. La población evaluada consistió en el 100% de los clientes mayoristas de la empresa (30 personas).

Fig. 7. Diagrama de proceso tratamiento y análisis del grano



Fuente: los autores

7.1. Estudios preliminares

En la empresa Naturela S.A.S. se realizaron estudios preliminares que permitieron establecer las proporciones iniciales de las mezclas garbanzo/agua y el tiempo de humectación del grano. Con esto se concluyó que con tiempos inferiores a 6 horas no se presenta la suficiente absorción de agua.

Se realizaron las pruebas con diferentes condiciones de remojo, tiempo y temperatura y se obtuvieron tres tipos diferentes de snack, de los cuales se consiguió una mezcla que presentó mayor aceptación por el consumidor, luego de ser sometidos a panel de degustación a través de encuesta hedónica.

Al final de este estudio se realizó una revisión de las principales características físicas del grano de garbanzo utilizado para la formulación del snack que fue aceptado comercialmente (capacidad de hidratación, módulo de finura y viscosidad).

Nota: los resultados de las encuestas organolépticas no son socializados en el presente documento, dado que son consideradas confidenciales y son propiedad de Naturela S.A.S

7.2. Tratamiento del grano

Se utilizaron diferentes relaciones grano/agua, variando la temperatura y tiempo aplicado para su hidratación. Como variables de respuesta se evaluó la capacidad de hidratación, módulo de finura y viscosidad.

Este proceso se llevó a cabo en las instalaciones de Naturela S.A.S., a través de las siguientes fases.

- a) Se hidrataron 200 gramos de garbanzo Kabuli para cada tratamiento (combinatoria de factores), los cuales se contaron previamente (NS). Se varió el tiempo de hidratación, la relación garbanzo/agua y la temperatura aplicada a la mezcla. La relación de variables se presenta a continuación. El total de garbanzo utilizado para todas las corridas fue de 10,8 Kg.

Tabla 5. Diseño factorial

Factores (variables de entrada)		
Relación g/ml	Temperatura (°C)	Tiempo (horas)
R1/1= 1/1	T25=25	T4=4
R1/2= 1/2	T35=35	T6=6
R1/3= 1/3		T8=8

Fuente: los autores

Fig. 8. Hidratación del grano de garbanzo



Fuente: los autores

- b) **Molienda húmeda:** se efectuó molienda húmeda de todos los tratamientos previos, usando un molino de martillos, aplicando para cada tratamiento las mismas condiciones de molienda y sin reproceso (una sola molienda para cada tratamiento), por lo cual esto no se considera una variable de entrada.
- c) **Secado de garbanzo:** el garbanzo húmedo y molido se secó por durante 10 horas, en un horno deshidratador de alimentos AINGETHERM, modelo HD 120-1000 AG (Ver Anexo 4) a temperatura constante de 90 °C, hasta una humedad promedio de 11%, la cual se determinó a través de una balanza determinadora de humedad Axis/Lexus (Ver anexo 1). La humedad final se definió a partir de lo establecido en el Codex Alimentarius, (Organización Mundial de la Salud, 2007), tomando como referencia la humedad de harinas provenientes de otras leguminosas ($H > 13\%$) dado que no se referencia en la normatividad un valor de humedad para la harina de garbanzo.

La temperatura usada para el proceso de secado se estableció tomando como referencia lo encontrado en el estudio *Propiedades funcionales de los aislamientos de proteínas de garbanzo secados por ventana refractaria* (Tontul, Kasimoglu, Asik, Atbakan, & Topuz, 2018) y lo señalado por la AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 2005).

7.3. Pruebas físicas

- a) **Capacidad de hidratación:** una vez hidratado el grano se midió su Capacidad de Hidratación (CHD) a través una variación del método usado

en la investigación “*Propiedades funcionales y fisicoquímicas de harinas de seis especies de mucuna*”. (Adebawale, Adeyemi, & Oshodi, 2005), para lo cual se pesaron las semillas hidratadas, luego de retirarse el exceso de agua con ayuda de un filtro de tela. La capacidad de hidratación se calculó a través de la siguiente ecuación:

$$CHD = \frac{PSH-PS}{NS} \text{ Ec. 2}$$

Donde:

- CHD= capacidad de hidratación
- PSH= peso de semillas hidratadas
- NS= número de semillas

Nota: este análisis se efectuó antes del proceso de molienda (ver fig. 7- diagrama de proceso)

b) Prueba de granulometría (Módulo de finura): una vez obtenida la harina, se tamizó una muestra de 100 g para cada tratamiento, usando tamizadora tipo Tyler (Salager, 2007) (McCabe et al., 2002) por un periodo de 10 min. Con esto se determinó el módulo de finura (*MF*) para cada tratamiento, el cual es el factor de medición para esta variable de respuesta. Luego del proceso de tamizaje se pesó la cantidad de masa retenida en cada uno de los tamices y se determinó el % retenido acumulado en cada uno de los tamices para cada tratamiento (Caperuto, Amaya-Farfan, & Camargo, 2001), así:

Tabla 6. Diseño para la prueba de Módulo de finura

<i>Tamiz N°</i>	<i>Apertura estándar</i>	<i>Peso retenido</i>	<i>% Peso retenido</i>	<i>% Que pasa</i>	<i>% Retenido acumulado</i>
10	2 mm				
14	1,40 mm				
18	1,00mm				
20	850µm				
40	425µm				
FONDO					

Fuente: (Caperuto et al., 2001)

El módulo de finura se determinó a partir de la siguiente ecuación:

$$MF = \frac{\sum (\%retenido\ acumulado)}{100} \text{ Ec. 3}$$

Nota: la sumatoria corresponde al porcentaje de harina retenido en cada uno de los tamices

Fig. 9. Proceso de Tamizaje- Determinación de Módulo de finura



Fuente: los autores

- c) **Determinación de la viscosidad:** se calculó usando un viscosímetro rotacional Brookfield, para lo cual se preparó una disolución de harina en agua sometidas a calentamiento (a través de planchas de calentamiento) y realizando tres (3) ciclos de barrido (10 RPM, 30 RPM y 100 RPM) por un tiempo aproximado de 10 minutos. La cantidad de agua utilizada para cada disolución fue de 70 ml, por lo cual la hidratación efectuada para esta lectura se considera una constante.

Fig. 10. Medición de viscosidad de harina de garbanzo



Fuente: los autores

7.4. Diseño factorial para la evaluación de las variables de respuesta.

Se estableció un diseño factorial para estudiar el efecto individual y de interacción de varios factores sobre varias respuestas. El diseño experimental es del tipo 3x2x3 con 3 réplicas, usando 3 factores cuantitativos; relación masa/solvente (agua), temperatura de la solución y tiempo de remojo. Según lo anterior se tiene como resultado el siguiente arreglo factorial:

Tabla 7. Arreglo factorial de la investigación

Diseño 3*2*3						
Tratamiento	54 unidades experimentales					
	Grano/ Agua	T°	Tiempo	g/ml	T°C	t (h)
R11T25t4	R1/1	T25	t4	1/1	25	4
R11T25t6	R1/1	T25	t6	1/1	25	6
R11T25t8	R1/1	T25	t8	1/1	25	8
R11T35t4	R1/1	T35	t4	1/1	35	4
R11T35t6	R1/1	T35	t6	1/1	35	6
R11T35t8	R1/1	T35	t8	1/1	35	8
R12T25t4	R1/2	T25	t4	1/2	25	4
R12T25t6	R1/2	T25	t6	1/2	25	6
R12T25t8	R1/2	T25	t8	1/2	25	8
R12T35t4	R1/2	T35	t4	1/2	35	4
R12T35t6	R1/2	T35	t6	1/2	35	6
R12T35t8	R1/2	T35	t8	1/2	35	8
R13T25t4	R1/3	T25	t4	1/3	25	4
R13T25t6	R1/3	T25	t6	1/3	25	6
R13T25t8	R1/3	T25	t8	1/3	25	8
R13T35t4	R1/3	T35	t4	1/3	35	4
R13T35t6	R1/3	T35	t6	1/3	35	6
R13T35t8	R1/3	T35	t8	1/3	35	8

Fuente: los autores

- I. Las variables de respuesta evaluadas son: capacidad de hidratación del grano, módulo de finura (MF) y viscosidad. Según lo anterior se tiene:

Tabla 8. Tabla de datos arreglo factorial

Factor			Variables de respuesta		
Relación g/ml	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	I	II	III
R1/1=1/1	T25=25	t4=4	CHD	MF	V
R1/2=1/2	T35=35	t6=6	CHD	MF	V
R1/3=1/3		t8=8	CHD	MF	V

Fuente: los autores

Donde:

Factores

- Relación g/ml= relación g de garbanzo/ ml de agua
- Temperatura °C= la temperatura a la cual fue sometida la mezcla en °C
- Tiempo (h)= es el tiempo en horas al cual fue sometida la mezcla al remojo

Variables de respuesta

- II. Capacidad de hidratación del grano (CHD) ~ g agua/semilla
- III. Análisis Granulométrico: Módulo de finura (MF)
- IV. Viscosidad (V) ~ mPa/s

Para garantizar la confiabilidad de los datos experimentales, cada tratamiento se realizará por triplicado, siendo así se contará con 18 tratamientos y 54 unidades experimentales.

7.5. Materiales y equipos

7.5.1. EQUIPOS

Tabla 9. Lista de equipos

Nombre	Especificación	Proveedor	Cantidad
Balanza Industrial y de precisión.	OHAUS Debidamente calibrada	Naturela S.A.S	1
Balanza de precisión	Debidamente calibrada	Universidad de los Llanos	1
Molino automático de martillos	110 V	Naturela S.A.S	1
Plancha de calentamiento	IKA C-MAG HP 4 Capacidad de 5 Lt	Universidad de los Llanos	1
Baño de María	Memmert 110 V	Naturela S.A.S	1
Balanza determinadora de humedad	Lexus Axis ATS210	Naturela S.A.S	1
Viscosímetro rotacional Brookfield	Brookfield	Universidad de los Llanos	1
Serie de tamices con agitador	Serie de Tyler	Universidad de los Llanos/ Lab. suelos	1
Horno deshidratador de alimentos AINGETERM	HD 120-1000 AG	Naturela S.A.S	1
Mesas/láminas	Acero inoxidable	Naturela S.A.S	2/4

Fuente: los autores

7.5.2. MATERIALES E INSUMOS

Tabla 10. Lista de materiales e insumos

Nombre	Especificación/	Proveedor	Cantidad
Papel aluminio/ rollo	10 m	Propio	5
Bolsas ziploc	Capacidad 200 g	Propio	100
Papelería	Impresión de formatos -panel de degustación	Naturela S.A.S	1
Bolígrafos	N/A	Naturela S.A.S	2
Bandejas para lasaña	Capacidad 1 Kg	Propia	27
Beakers	500 ml	Universidad de los Llanos	5/5
Agitadores de vidrio		Universidad de los Llanos	5
Cápsulas de porcelana		Universidad de los Llanos	5
Escobilla de mano		Propio	1
Snack de arroz tipo vegano marca Naturela	Paquete personal-muestra	Naturela S.A.S	30

Fuente: los autores

7.5.3. MATERIA PRIMA

Tabla 11. Listado de materia prima

Nombre	Especificación/	Proveedor	Cantidad
Garbanzo	Comercial- Kabuli	Naturela S.A.S	10,8 kg

Fuente: los autores

7.6. Tratamiento estadístico

En total se cuenta con 18 tratamientos, los cuales fueron tratados estadísticamente a través de la aplicación de un análisis de varianzas ANOVA, con un nivel de significancia del 5%, al igual que para la validación de todos sus supuestos.

Se realizaron cuatro (4) ANOVAS, uno para cada factor respecto a sus variables de respuesta y otro para cada tratamiento vs variables de respuesta. Se evaluaron las diferencias significativas entre los Factores cuando hubo logar a ello a través de las pruebas a través del test de Tukey o de Kruskal Wallis, según el cumplimiento de los supuestos del ANOVA y se evaluarán sus respectivas interacciones para analizar el efecto simultáneo de los tres factores sobre las variables de respuesta. Para el análisis estadístico se usó el software estadístico R.

8. RESULTADOS

A continuación, se exponen los resultados obtenidos para cada una de las condiciones de hidratación a las que fue sometido el grano de garbanzo.

Tabla 12. Resultados de las variables evaluadas para los diferentes tratamientos de hidratación del garbanzo

Tratamiento	Relación garbanzo/agua (g/ml)	Temperatura	Tiempo	CDH	MF
R11T25t4	R1/1	T25	t4	0,0948±0,0033	4,2475±0,0059
R11T25t6	R1/1	T25	t6	0,1767±0,0034	1,694±0,0004
R11T25t8	R1/1	T25	t8	0,1768±0,0029	1,3875±0,0009
R11T35t4	R1/1	T35	t4	0,1408±0,0021	4,2688±0,112
R11T35t6	R1/1	T35	t6	0,1802±0,0016	1,6944±0,0005
R11T35t8	R1/1	T35	t8	0,1792±0,0004	1,3883±0,0011
R12T25t4	R1/2	T25	t4	0,1393±0,0010	4,2655±0,0064
R12T25t6	R1/2	T25	t6	0,3927±0,0010	1,6312±0,0003
R12T25t8	R1/2	T25	t8	0,3913±0,0040	1,2947±0,0009
R12T35t4	R1/2	T35	t4	0,1803±0,0022	4,2702±0,0048
R12T35t6	R1/2	T35	t6	0,3930±0,0048	1,6307±0,0001
R12T35t8	R1/2	T35	t8	0,3932±0,0007	1,2949±0,0003
R13T25t4	R1/3	T25	t4	0,1432±0,0014	4,2672±0,0020
R13T25t6	R1/3	T25	t6	0,3925±0,0033	1,6303±0,0001
R13T25t8	R1/3	T25	t8	0,3941±0,0031	1,2947±0,0002
R13T35t4	R1/3	T35	t4	0,1790±0,0011	4,2675±0,0011
R13T35t6	R1/3	T35	t6	0,3933±0,0018	1,6312±0,0002
R13T35t8	R1/3	T35	t8	0,3938±0,0006	1,2956±0,0006

Fuente: los autores

*Los resultados se expresan como el promedio \pm su desviación estándar

Nota: las lecturas de viscosidad no se registran en la anterior tabla dado que requiere un tratamiento de datos diferente.

Tabla 13. Lecturas de viscosidad a 10, 30 y 100 rpm

Tratamiento	Relación garbanzo/ agua (g/ml)	Temperatura	Tiempo	Vel.deformación	Viscosidad
R11T25t4	R1/1	T25	t4	10	6913,0885±45,30
R11T25t4	R1/1	T25	t4	30	5802,1685±164,36
R11T25t4	R1/1	T25	t4	100	4690,2571±90,47
R11T25t6	R1/1	T25	t6	10	6358,6884±17,92
R11T25t6	R1/1	T25	t6	30	4601,2828±67,32
R11T25t6	R1/1	T25	t6	100	3876,5041±47,46
R11T25t8	R1/1	T25	t8	10	6360,6771±11,77
R11T25t8	R1/1	T25	t8	30	3875,3428±10,27
R11T25t8	R1/1	T25	t8	100	4006,0014±122,61
R11T35t4	R1/1	T35	t4	10	6557,7985±158,80
R11T35t4	R1/1	T35	t4	30	4623,0128±117,64
R11T35t4	R1/1	T35	t4	100	3891,8728±25,88
R11T35t6	R1/1	T35	t6	10	6373,4485±29,01
R11T35t6	R1/1	T35	t6	30	3840,7800±27,41
R11T35t6	R1/1	T35	t6	100	4105,1414±49,53
R11T35t8	R1/1	T35	t8	10	6372,6333±33,50
R11T35t8	R1/1	T35	t8	30	3838,6642±42,91
R11T35t8	R1/1	T35	t8	100	4161,5028±15,48
R12T25t4	R1/2	T25	t4	10	1448,6700±29,36
R12T25t4	R1/2	T25	t4	30	987,8999±1,90
R12T25t4	R1/2	T25	t4	100	246,5571±1,28
R12T25t6	R1/2	T25	t6	10	1015,2500±34,29
R12T25t6	R1/2	T25	t6	30	983,0071±16,99
R12T25t6	R1/2	T25	t6	100	211,4428±1,01
R12T25t8	R1/2	T25	t8	10	1005,5257±3,54
R12T25t8	R1/2	T25	t8	30	984,0314±25,12
R12T25t8	R1/2	T25	t8	100	214,0411±22,94
R12T35t4	R1/2	T35	t4	10	1322,3014±33,65
R12T35t4	R1/2	T35	t4	30	991,3000±4,43

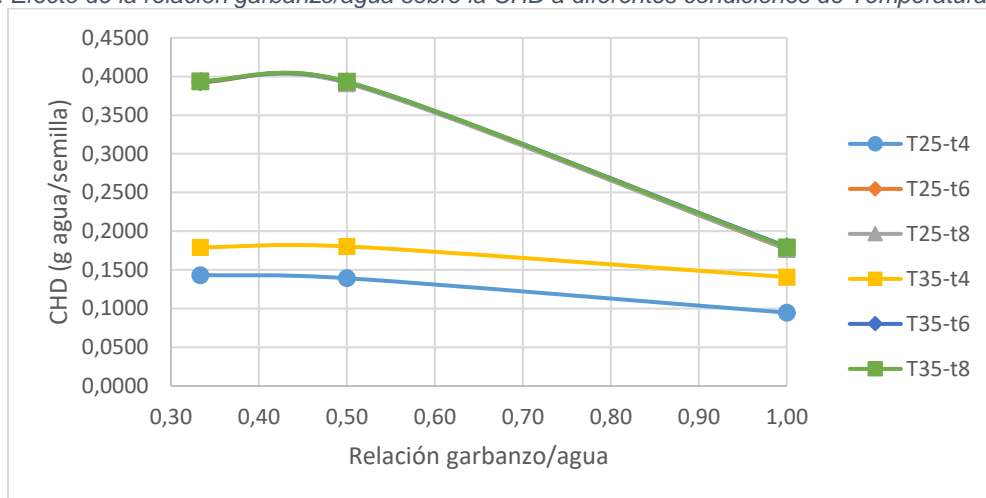
R12T35t4	R1/2	T35	t4	100	243,7514±4,65
R12T35t6	R1/2	T35	t6	10	1008,9457±24,78
R12T35t6	R1/2	T35	t6	30	992,0985±5,25
R12T35t6	R1/2	T35	t6	100	205,9385±0,66
R12T35t8	R1/2	T35	t8	10	1009,2728±24,67
R12T35t8	R1/2	T35	t8	30	985,1085±19,83
R12T35t8	R1/2	T35	t8	100	205,8652±0,61
R13T25t4	R1/3	T25	t4	10	1437,9400±21,15
R13T25t4	R1/3	T25	t4	30	988,2086±1,45
R13T25t4	R1/3	T25	t4	100	246,0420±1,29
R13T25t6	R1/3	T25	t6	10	1010,1571±25,00
R13T25t6	R1/3	T25	t6	30	607,1657±0,86
R13T25t6	R1/3	T25	t6	100	105,0200±2,09
R13T25t8	R1/3	T25	t8	10	1009,3142±24,75
R13T25t8	R1/3	T25	t8	30	607,3757±1,07
R13T25t8	R1/3	T25	t8	100	105,6142±2,06
R13T35t4	R1/3	T35	t4	10	1384,8442±139,20
R13T35t4	R1/3	T35	t4	30	995,5579±1,45
R13T35t4	R1/3	T35	t4	100	244,9785±1,29
R13T35t6	R1/3	T35	t6	10	1008,5342±24,70
R13T35t6	R1/3	T35	t6	30	607,7557±1,13
R13T35t6	R1/3	T35	t6	100	106,0900±1,31
R13T35t8	R1/3	T35	t8	10	1005,1800±2,09
R13T35t8	R1/3	T35	t8	30	607,1171±1,02
R13T35t8	R1/3	T35	t8	100	105,4385±1,74

Fuente: los autores

**Los resultados se expresan como el promedio \pm su desviación estándar*

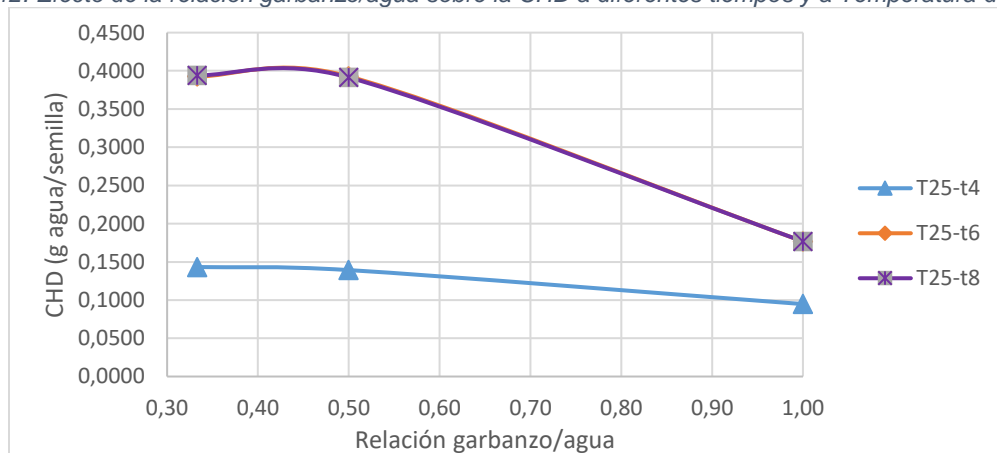
Inicialmente se realizaron gráficas de barras y líneas para obtener una lectura inicial del comportamiento de las variables de respuesta, respecto a los factores. Luego de esto se procederá a hacer la validación estadística.

Fig. 11. Efecto de la relación garbanzo/agua sobre la CHD a diferentes condiciones de Temperatura y tiempo



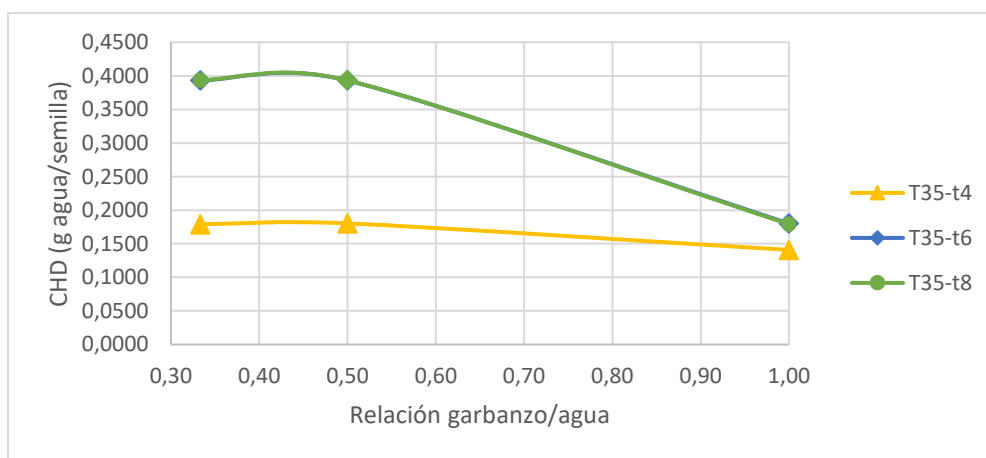
Fuente: los autores

Fig. 12. Efecto de la relación garbanzo/agua sobre la CHD a diferentes tiempos y a Temperatura de 25°C



Fuente: los autores

Fig. 13. Efecto de la relación garbanzo/agua sobre la CHD a diferentes tiempos y Temperatura de 35°C

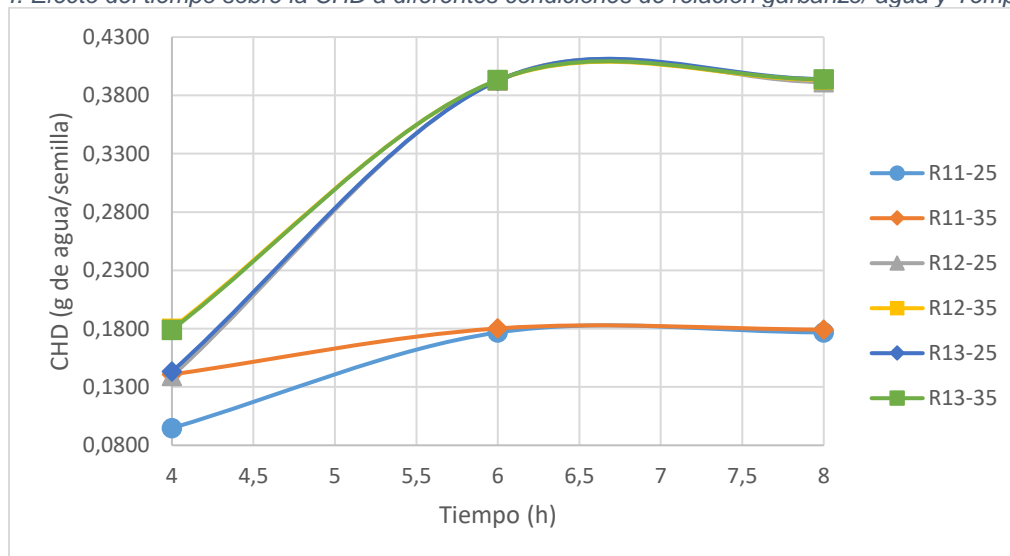


Fuente: los autores

De acuerdo a lo observado en las figuras 13, 14 y 15, a mayor relación garbanzo/ agua, mayor CHD para todos los tiempos y temperaturas de hidratación aplicados. Se evidencian además dos tendencias principales en la CHD, una para t_4 y otra tanto para t_6 como para t_8 independientemente de la temperatura.

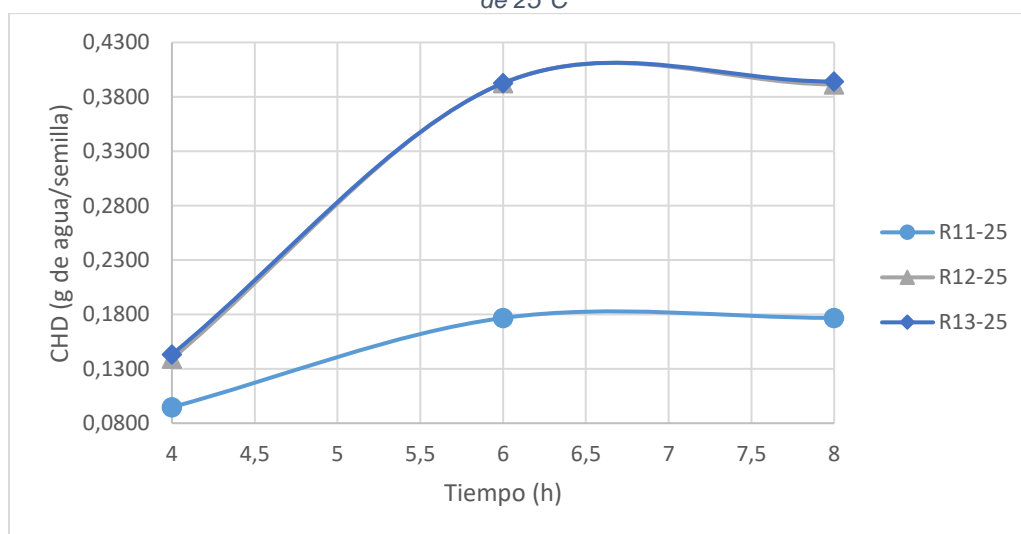
Para el tiempo de hidratación t_4 , la CHD es menor respecto a t_6 y t_8 , sin aparente influencia de la temperatura.

Fig. 14. Efecto del tiempo sobre la CHD a diferentes condiciones de relación garbanzo/ agua y Temperatura



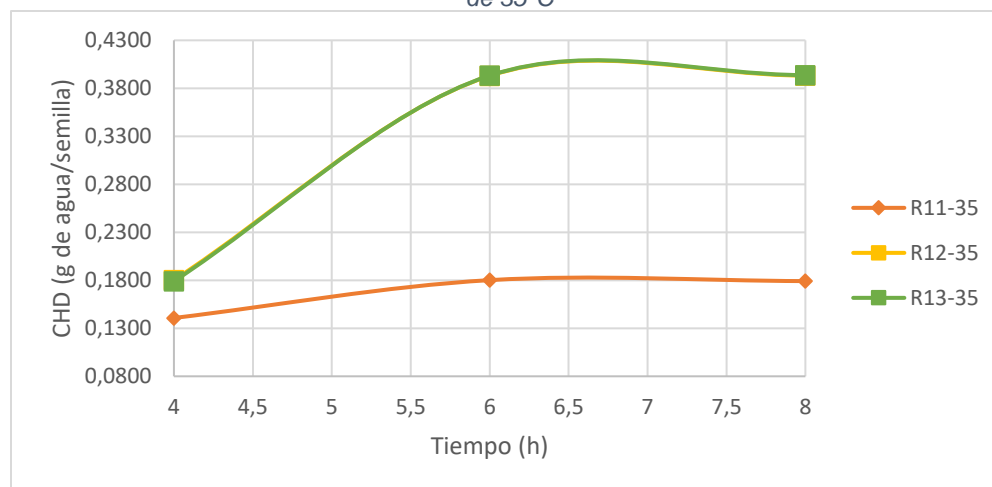
Fuente: los autores

Fig. 15. Efecto del tiempo sobre la CHD a diferentes condiciones de relación garbanzo/ agua y a Temperatura de 25°C



Fuente: los autores

Fig. 16. Efecto del tiempo sobre la CHD a diferentes condiciones de relación garbanzo/ agua y a Temperatura de 35°C

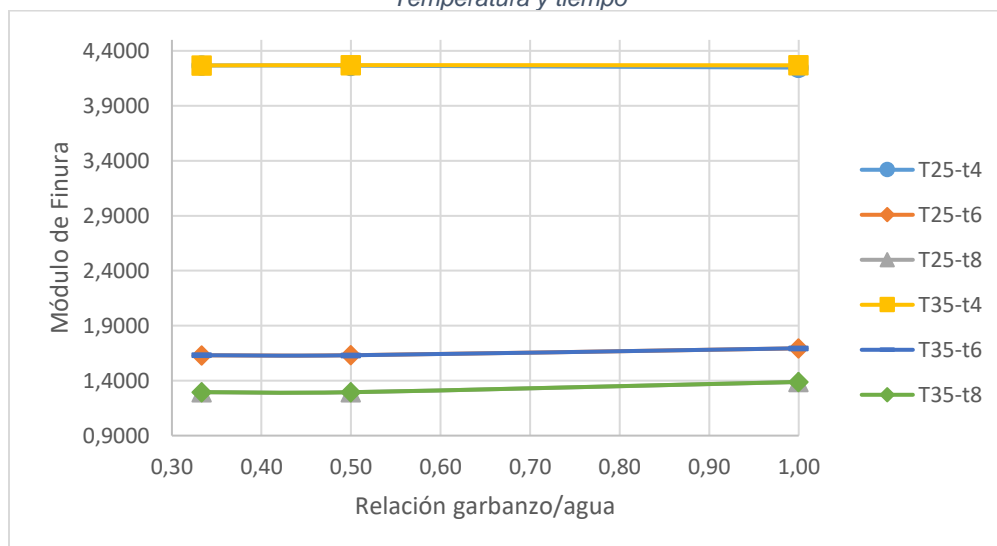


Fuente: los autores

De acuerdo a lo observado en las figuras 16, 17 y 18, la CHD es directamente proporcional al tiempo de hidratación del grano, para todas las condiciones de relación garbanzo/agua y para todas las temperaturas. Sin embargo, para la relación garbanzo/agua R1/1, se alcanzan CHD menores respecto a las relaciones R1/2 y R1/3.

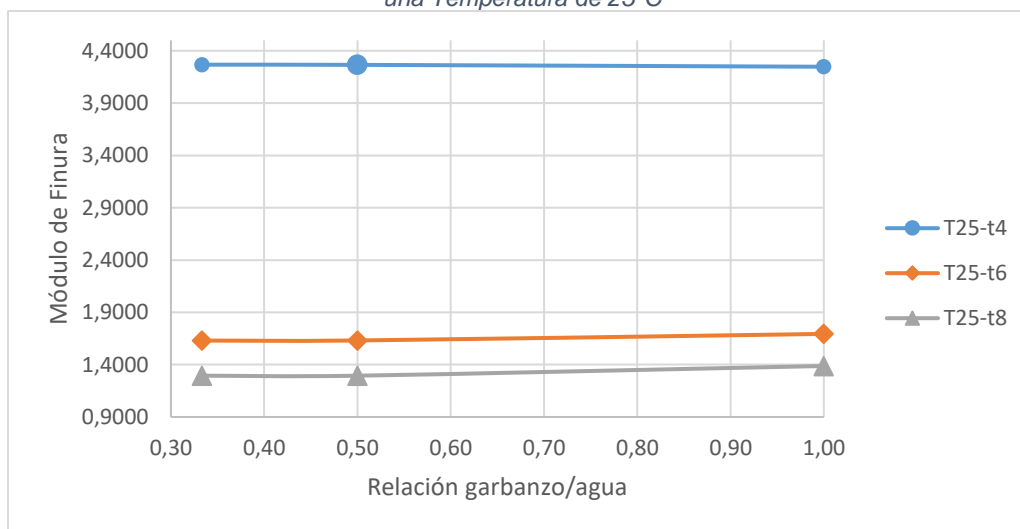
En términos generales, no parece haber influencia de la temperatura sobre la CHD.

Fig. 17. Efecto de la relación garbanzo/agua sobre el Módulo de Finura a diferentes condiciones de Temperatura y tiempo



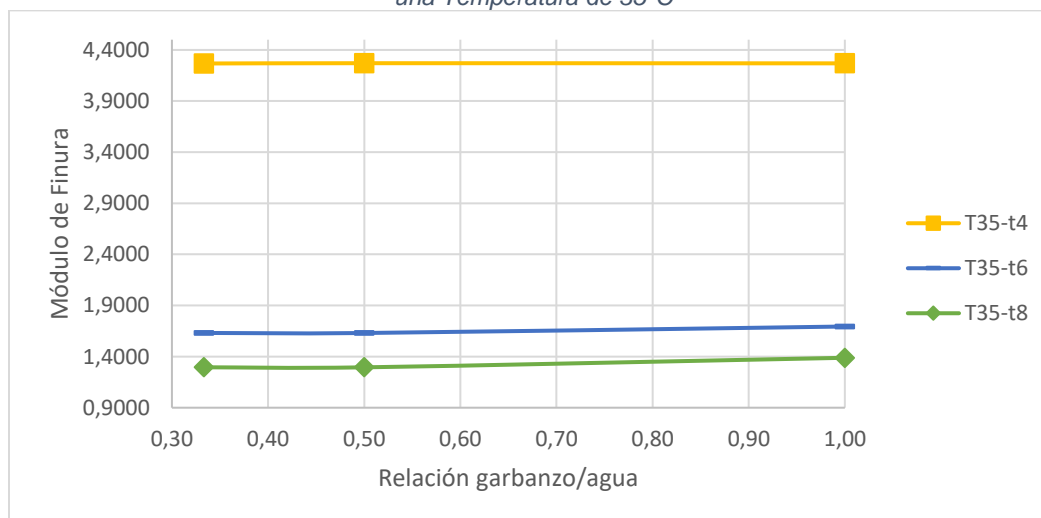
Fuente: los autores

Fig. 18. Efecto de la relación garbanzo/agua sobre el Módulo de Finura a diferentes tiempos de hidratación y a una Temperatura de 25°C



Fuente: los autores

Fig. 19. Efecto de la relación garbanzo/agua sobre el Módulo de Finura a diferentes tiempos de hidratación y a una Temperatura de 35°C

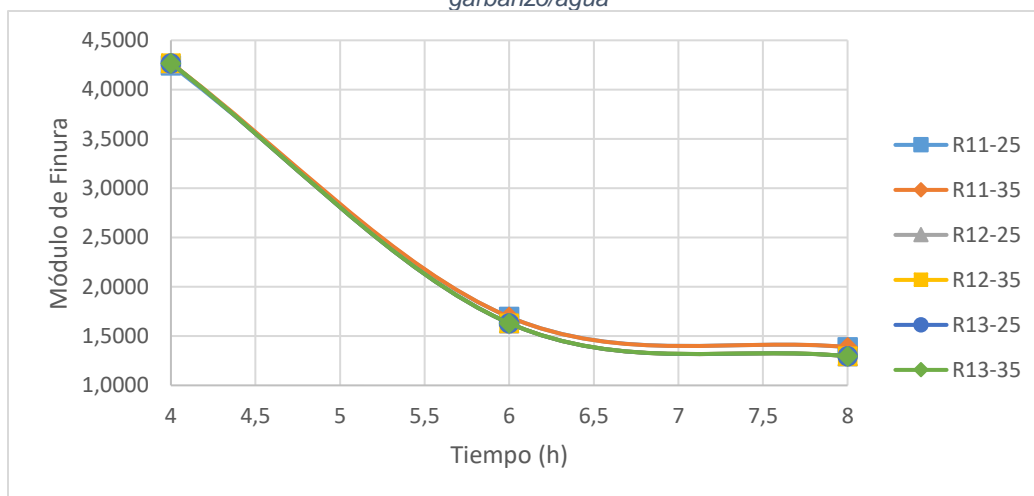


Fuente: los autores

De acuerdo a lo observado en las figuras 19, 20 y 21, el módulo de finura es indirectamente proporcional al tiempo de hidratación del grano dado que, a menor tiempo, mayor es el módulo de finura (granos gruesos). Se evidencia una amplia diferencia en el módulo de finura entre t4-t6 y t4-t8, más no entre t6-t8, siendo que estos últimos presentan un módulo de finura menor.

No parece haber influencia de la temperatura sobre el módulo de finura, dado que para ambas temperaturas se evidenció el mismo comportamiento.

Fig. 20. Efecto del tiempo de hidratación sobre el Módulo de Finura a diferentes Temperaturas y relación garbanzo/agua



Fuente: los autores

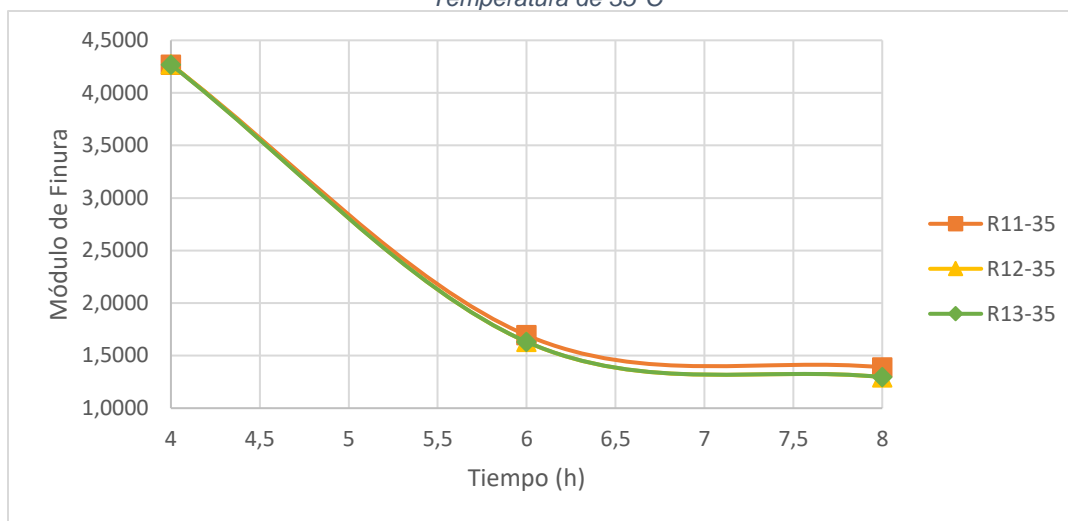
Fig. 21. Efecto del tiempo de hidratación sobre el Módulo de Finura a diferente relación garbanzo/agua y a una Temperatura de 25°C



Fuente: los autores

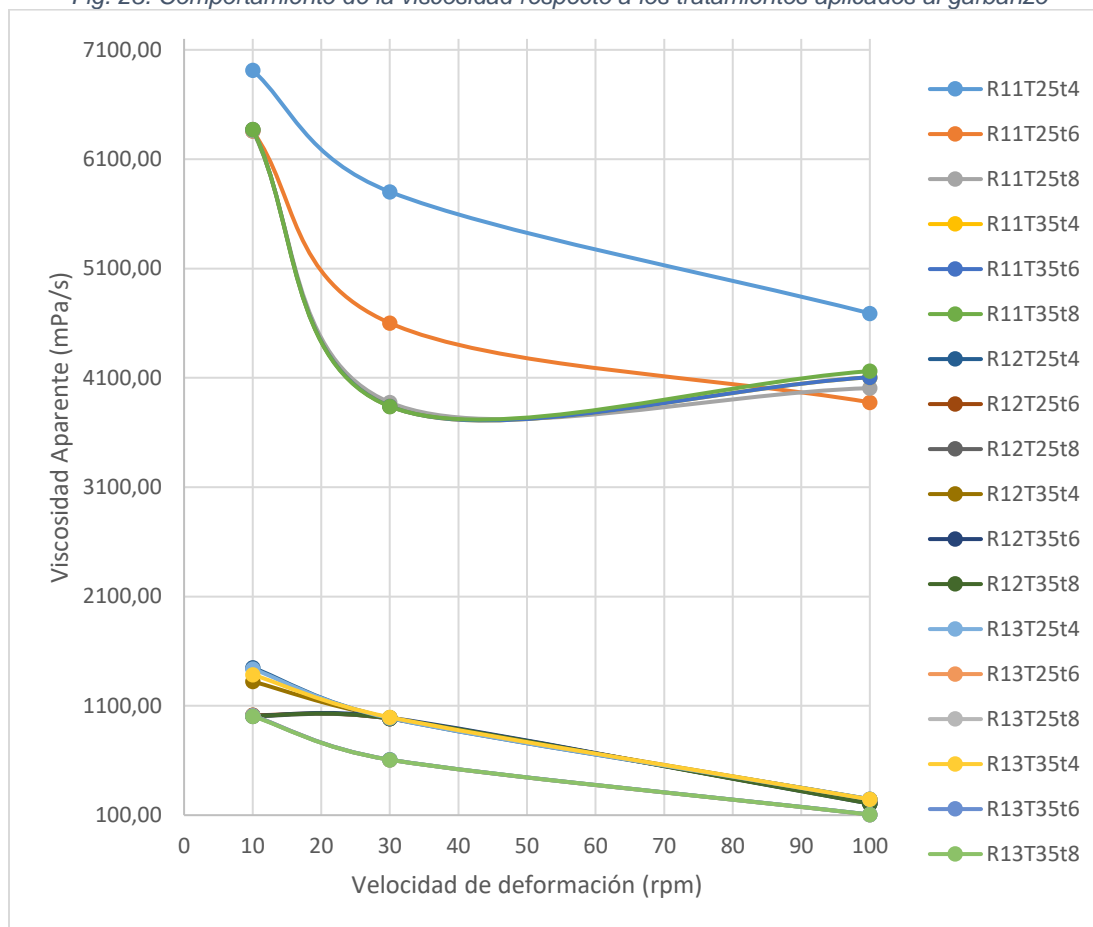
Según las figuras 21, 22 y 23, se presenta mayor módulo de finura (MF: finos $MF \geq 2,30$ y muy finos $MF \geq 1,50$) en los tratamientos con tiempo de hidratación de t6 y t8, incluyendo las dos temperaturas y relaciones garbanzo/agua. Esto podría indicar que el factor que afecta en mayor medida el Módulo de finura del garbanzo es el tiempo durante el cual éste es hidratado. Los otros factores evaluados parecen no presentar mayor influencia sobre el MF.

Fig. 22. Efecto del tiempo de hidratación sobre el Módulo de Finura a diferente relación garbanzo/agua y a una Temperatura de 35°C



Fuente: los autores

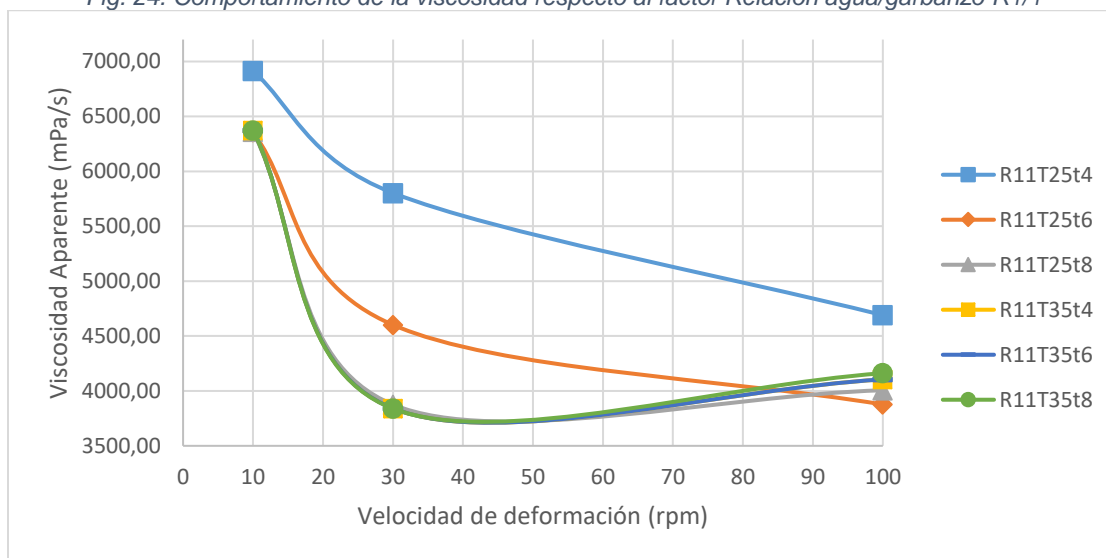
Fig. 23. Comportamiento de la viscosidad respecto a los tratamientos aplicados al garbanzo



Fuente: los autores

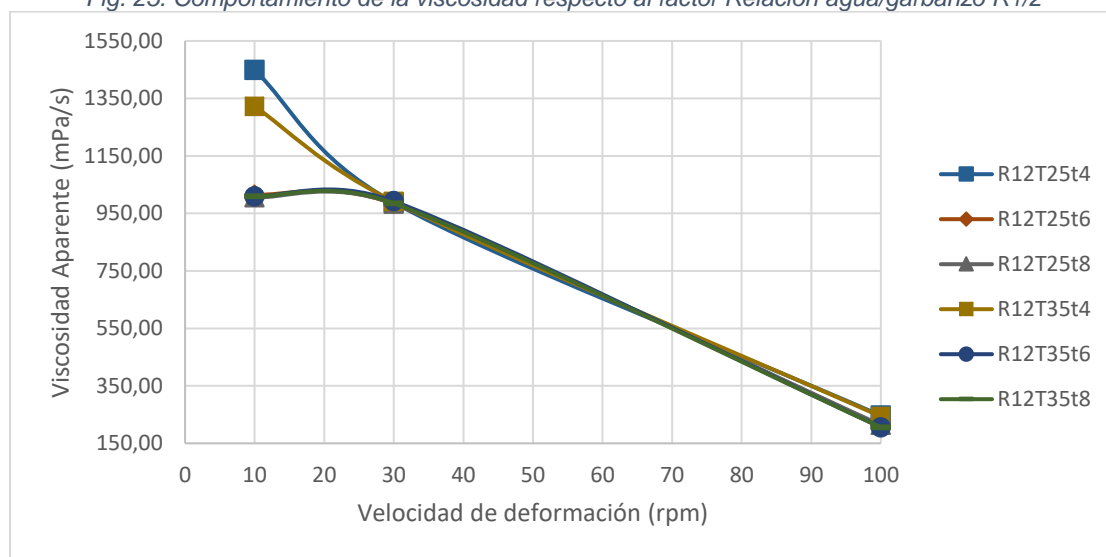
Se evidencian dos tendencias en el comportamiento de la viscosidad, respecto a los tratamientos aplicados. En el primer grupo (parte superior de la figura), se evidencian valores de viscosidad mayores, con un rango entre 7.000 mPa/s y 4.000 mPa/s en tratamientos como el R11T25t4, R11T25t6, R11T35t8, etc. En el segundo grupo, se evidencian menores viscosidades con un rango entre 1.500 mPa/s y 105 mPa/s, en tratamientos como el R12T35t8, R13T25t4, R13T35t4, R13T35t6, etc. A continuación, se presentan las gráficas para cada relación garbanzo/agua para un análisis más detallado de los resultados obtenidos.

Fig. 24. Comportamiento de la viscosidad respecto al factor Relación agua/garbanzo R1/1



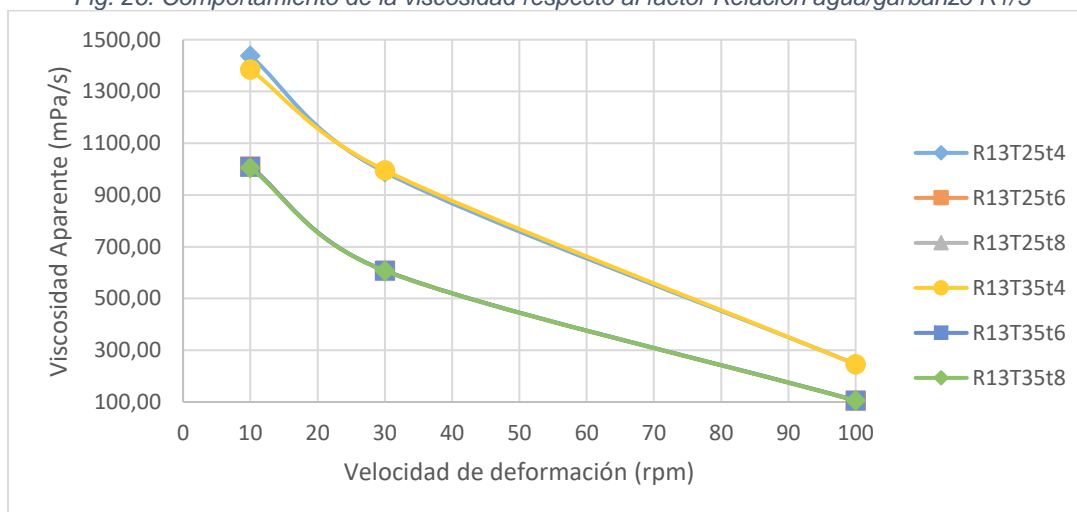
Fuente: los autores

Fig. 25. Comportamiento de la viscosidad respecto al factor Relación agua/garbanzo R1/2



Fuente: los autores

Fig. 26. Comportamiento de la viscosidad respecto al factor Relación agua/garbanzo R1/3



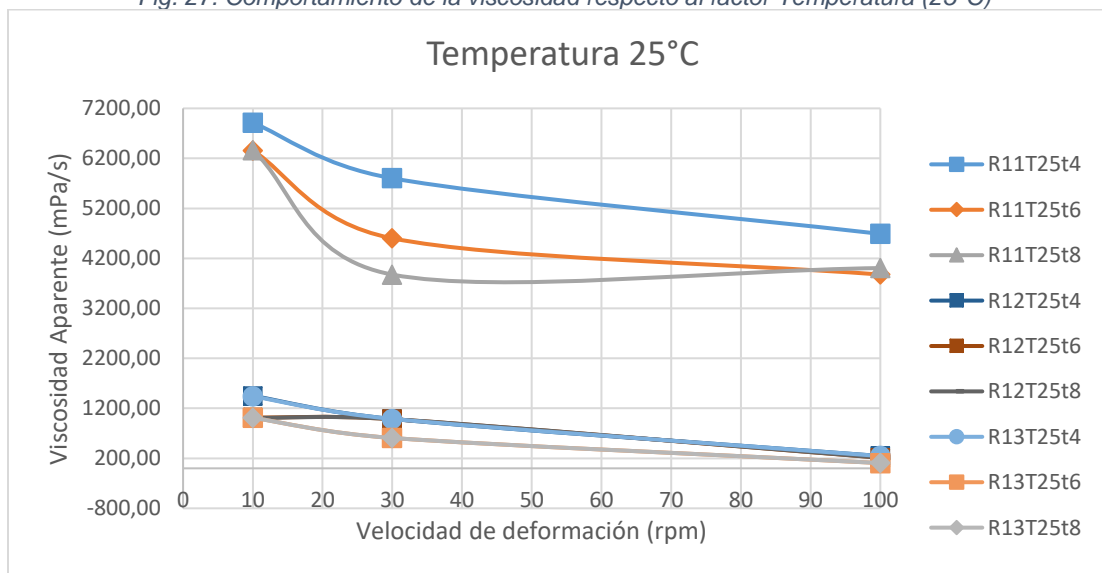
Fuente: los autores

Se presentan tendencias claramente diferenciadas para cada relación garbanzo/ agua, siendo que la relación R1/1 muestra los mayores valores de viscosidad entre 6.913 mPa/s y 4.000 mPa/s. En las relaciones R1/2 y R1/3 se presentan patrones levemente diferenciados, con un rango de viscosidad similar, encontrando la menor viscosidad en los tratamientos R13T25t6, R13T25t8, R13T35t6 y R13T35t8, a una velocidad de deformación de 100 rpm.

En la relación R1/2 se presenta un comportamiento de la viscosidad prácticamente indiferenciado a partir de 30 rpm.

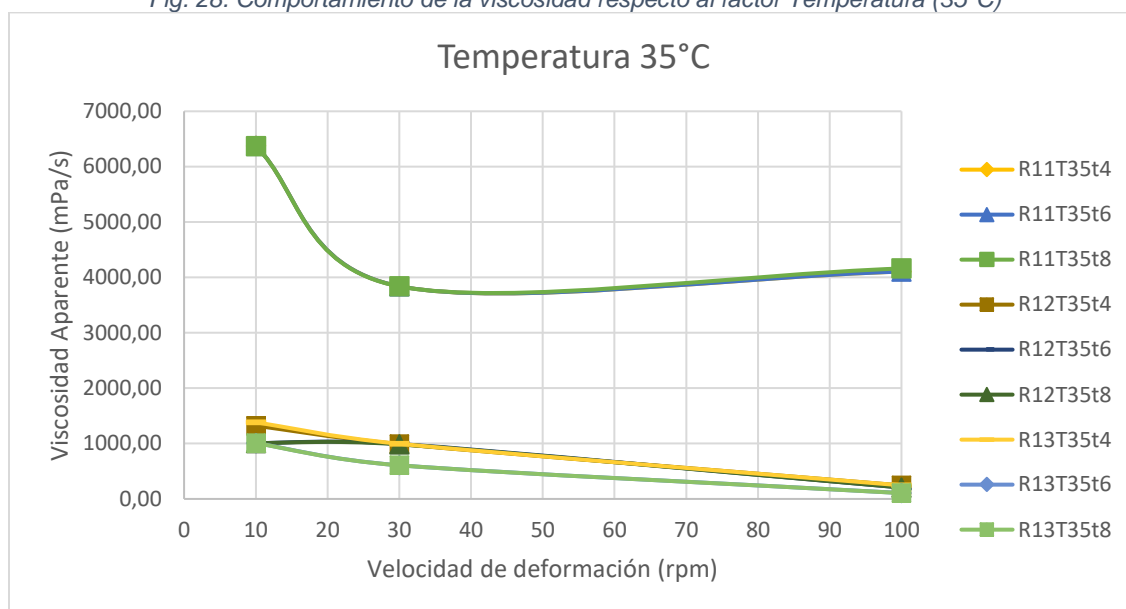
A partir de lo anterior es posible inferir que en las relaciones garbanzo/ agua R1/2 y R1/3 se presentan las menores viscosidades en la masa de garbanzo.

Fig. 27. Comportamiento de la viscosidad respecto al factor Temperatura (25°C)



Fuente: los autores

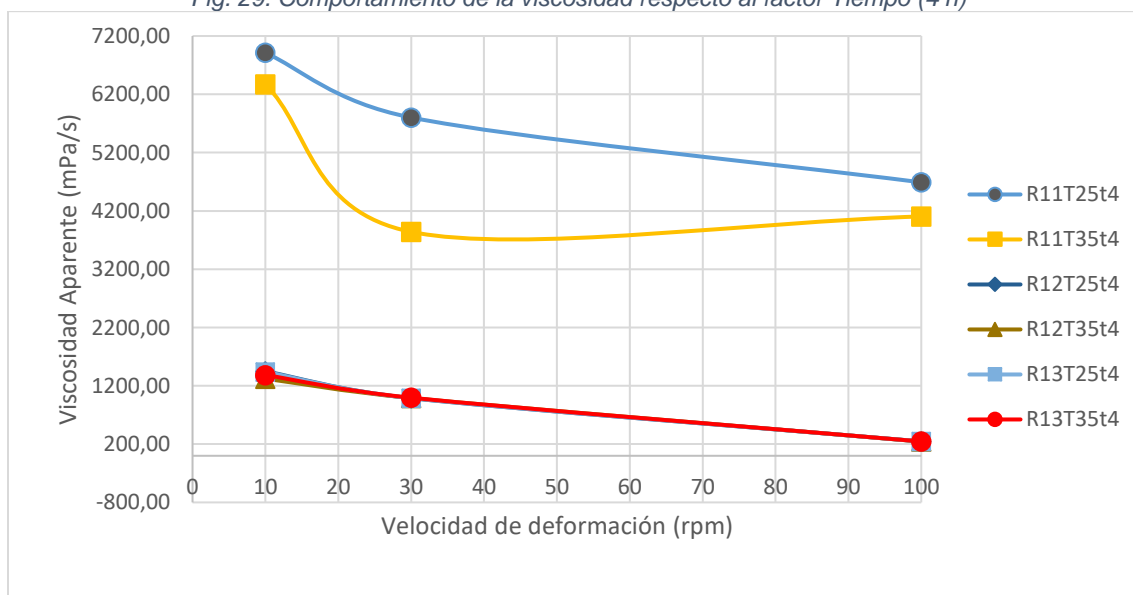
Fig. 28. Comportamiento de la viscosidad respecto al factor Temperatura (35°C)



Fuente: los autores

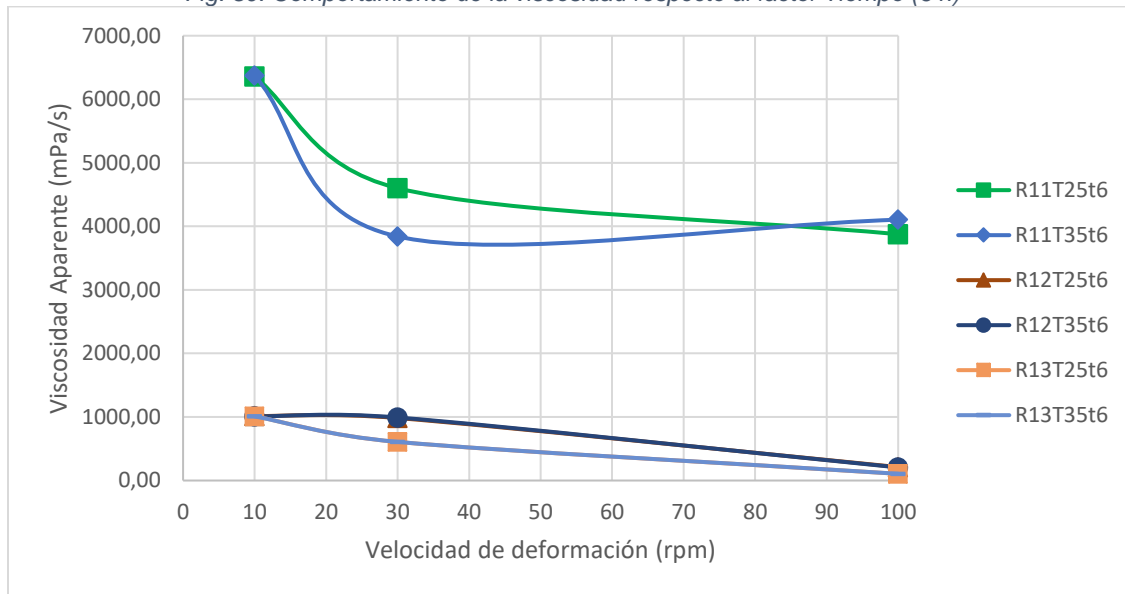
No se presentan tendencias marcadas en la viscosidad a partir de la temperatura aplicada al garbanzo en el momento de la hidratación. Se presentan dos grupos diferenciados que coinciden con la relación garbanzo/agua evaluada en la sección anterior. En ambos casos se parte de un rango de viscosidad entre 6.913 mPa/s y 105 mPa/s aprox.

Fig. 29. Comportamiento de la viscosidad respecto al factor Tiempo (4 h)



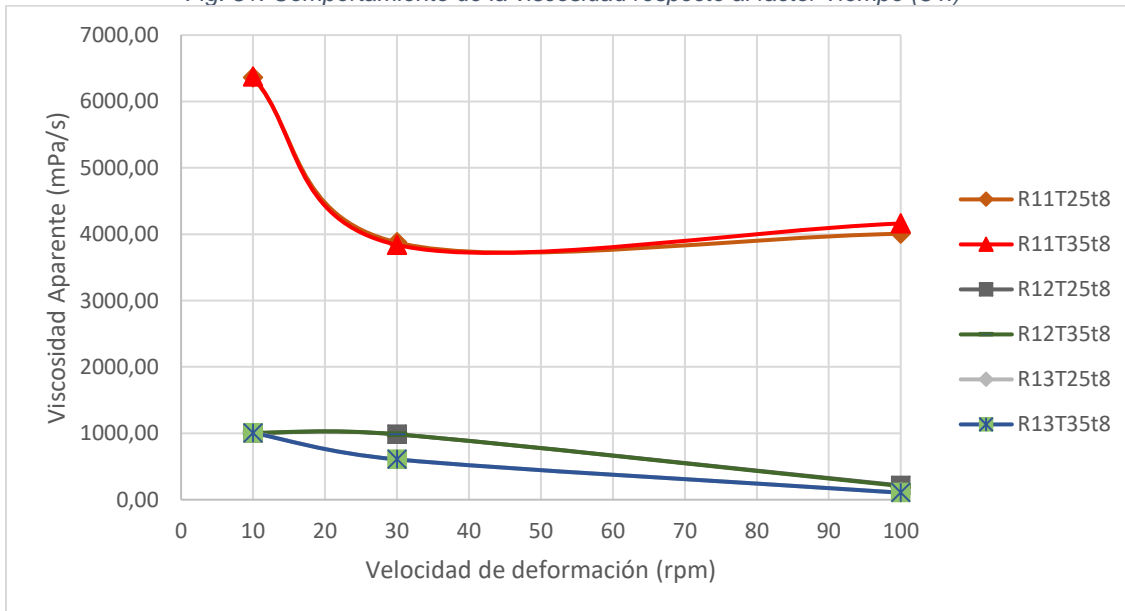
Fuente: los autores

Fig. 30. Comportamiento de la viscosidad respecto al factor Tiempo (6 h)



Fuente: los autores

Fig. 31. Comportamiento de la viscosidad respecto al factor Tiempo (8 h)



Fuente: los autores

No se presenta un comportamiento específico en la viscosidad, respecto al tiempo de hidratación al cual fue sometido el garbanzo en el momento de la hidratación. Para cada temperatura se presentan dos grupos diferenciados que coinciden con la relación garbanzo/agua evaluada en previamente. Para los tres casos se parte de una viscosidad máxima aproximada de 6.000-7.000 mPa/s y se llega a una mínima de 105 mPa/s aprox.

8.1. Tratamiento estadístico

Los resultados obtenidos a partir de los diferentes tratamientos (condiciones de hidratación del garbanzo) se trataron estadísticamente a través del software estadístico R. Se aplicaron análisis de varianza ANOVA con un nivel de significancia de 5,0%, el cual también se tomó para la respectiva validación de supuestos. Se realizó un total de 4 ANOVAS, las cuales se relacionan a continuación:

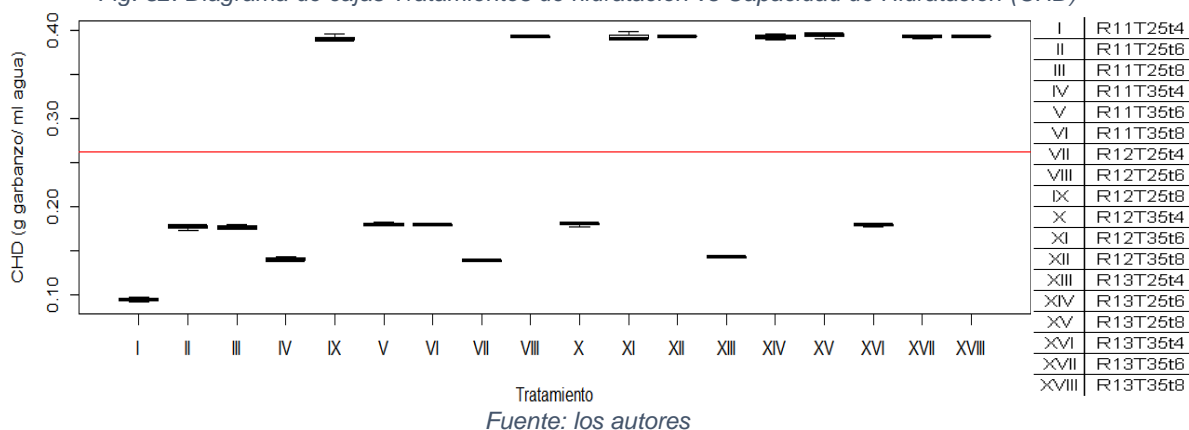
- Anova I: tratamiento ~ Variables de respuesta
- Anova II: relación garbanzo/agua ~ Variables de respuesta
- Anova III: temperatura ~ Variables de respuesta
- Anova IV: tiempo ~ Variables de respuesta

A través de los análisis estadísticos se determinó la existencia de diferencias significativas entre los diferentes tratamientos aplicados. En los casos en los que se cumplieron los supuestos de los ANOVAS, se evaluaron las diferencias a través de la prueba de Tukey. En los casos en que no se cumplieron los supuestos, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

8.1.1. INFLUENCIA DE LOS TRATAMIENTOS (CONDICIONES DE HIDRATACIÓN) SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA MASA DE GARBANZO

a) Exploración de datos

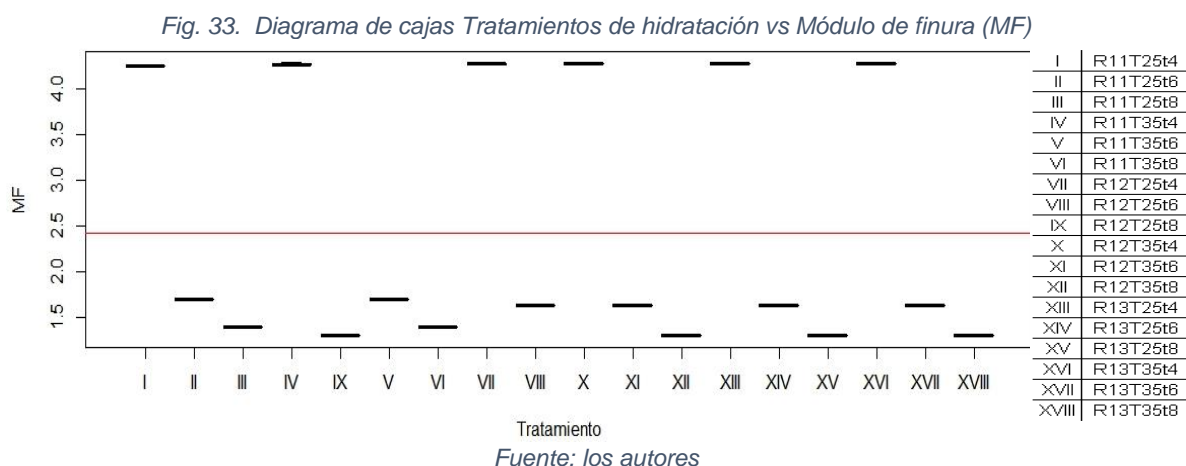
Fig. 32. Diagrama de cajas Tratamientos de hidratación vs Capacidad de Hidratación (CHD)



Se evidencia que en los todos los tratamientos R1/1 y en los R1/2 y R1/3 para tiempos de 4h, se presentan los menores valores de CHD, estos valores se encuentran muy por debajo de la media y presentan poca dispersión. En los tratamientos R1/2 y R1/3 con tiempos t6 y t8, se presentan los menores valores de

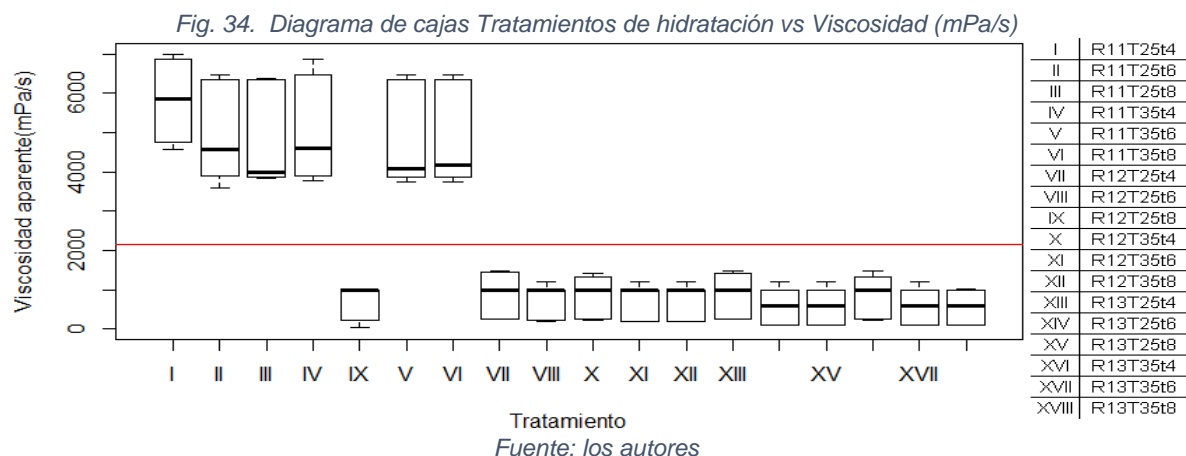
CHD y todas las lecturas están por encima de la media. En general se evidencia poca dispersión en los valores obtenidos, sin presencia de valores atípicos.

No se encuentran valores cercanos a la media, pues tanto los límites superiores e inferiores se encuentran lejanos de ésta, lo que indica resultados ampliamente diferenciados.



Se presentan los mayores valores para el MF en los tratamientos en los cuales se aplicó una temperatura de 4h, los cuales se encuentran muy por encima de la media y presentan poca dispersión. En los tratamientos con temperaturas de 6h y 8h, se presentan menores de MF y todas las lecturas se encuentran por debajo de la media. En general se evidencia poca dispersión en los valores obtenidos, sin presencia de valores atípicos.

No se encuentran valores cercanos a la media, pues tanto los límites superiores e inferiores se encuentran lejanos de ésta, lo que indica resultados ampliamente diferenciados.



Los tratamientos en los que se evidencia mayores valores en la viscosidad son los sometidos a una relación garbanzo/agua R1/1, todos los posteriores presentan valores menores. El primer nivel descrito se encuentra por encima de la media global y presentan una amplia distribución respecto a la media del nivel. El segundo se encuentra por debajo de la media global y en él también se evidencia dispersión en los datos, sin embargo, esta es menor respecto a la del primer nivel. No se presentan datos atípicos en ninguno de los tratamientos.

b) Anova

Tabla 14. Anova para cada tratamiento de hidratación

Anova	% Conf.	P Valor	Validación de Hipótesis
CHD	0,05	2E-16	P valor<0,05, existe evidencia estadística que indica que el tratamiento (Relación garbanzo/ agua, T° y Tiempo) afecta la Capacidad de Hidratación (CHD)
MF	0,05	2,65E-16	P valor<0,05, existe evidencia estadística que indica que el tratamiento (Relación garbanzo/ agua, T° y Tiempo) afecta el módulo de Finura (MF)
Viscosidad	0,05	2,2E-16	P valor<0,05, existe evidencia estadística que indica que el tratamiento (Relación garbanzo/ agua, T° y Tiempo) afecta la viscosidad (mPa/s)

Fuente: los autores

Se corrieron los análisis de varianza (Anova) en el programa estadístico R y se realizó la respectiva validación de supuestos, lo cual validó el análisis y permite realizar comparaciones múltiples a través del test de Tukey.

• Validación de supuestos

Tabla 15. Test de Normalidad de Shapiro tratamiento vs variables de respuesta

Shapiro test	% Conf.	P Valor	Validación de Hipótesis
CHD	0,05	0,6277	P valor>0,05, existe evidencia estadística que indica que los datos siguen una distribución normal
MF	0,05	2,76E-01	P valor>0,05, existe evidencia estadística que indica que los datos siguen una distribución normal
Viscosidad	0,05	0,059	P valor>0,05, existe evidencia estadística que indica que los datos siguen una distribución normal

Fuente: los autores

El test de Shapiro Wilk indica que todos los Anovas presentan una distribución normal.

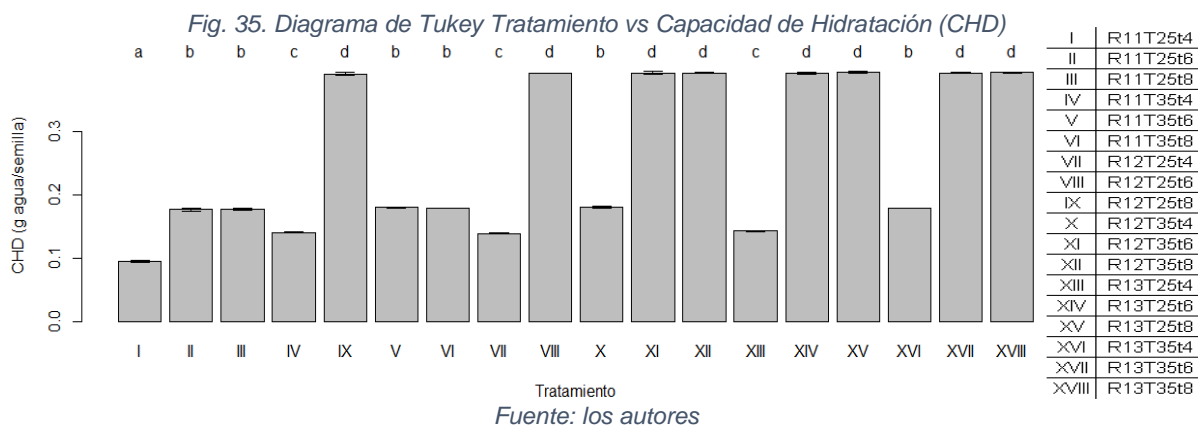
Tabla 16. Test de Bartlett tratamiento vs variables de respuesta

Bartlett	% Conf.	P Valor	Validación de Hipótesis
CHD	0,05	0,1679	P valor>0,05, existe evidencia estadística que indica que los grupos presentan igual varianza~ son homocedásticos
MF	0,05	5,62E-02	P valor>0,05, existe evidencia estadística que indica que los grupos presentan igual varianza~ son homocedásticos
Viscosidad	0,05	0,12899	P valor>0,05, existe evidencia estadística que indica que los grupos presentan igual varianza~ son homocedásticos

Fuente: los autores

De acuerdo al test de Bartlett, todos los datos evaluados presentan varianzas homogéneas.

• Comparaciones Múltiples



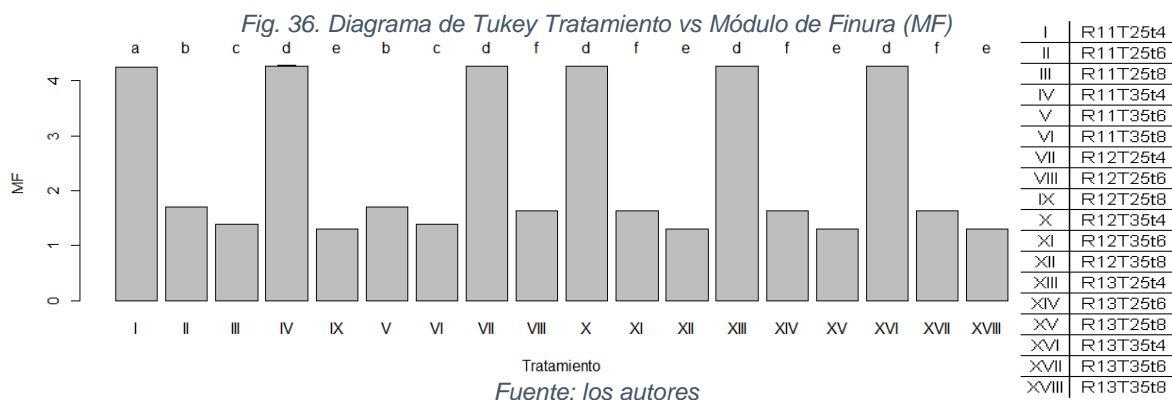
Las CHD del grano de garbanzo, sometido a diferentes tratamientos (condiciones de hidratación), marcadas con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí, a un $P=0,05$, de acuerdo al test de Tukey.

Se encontraron significativas en los valores de CHD para los siguientes grupos de tratamientos:

- a) R11T25t4 (menor CHD)
- b) R11T25t6, R11T25t8, R11T35t6, R11T35t8, R12T35t4, R11T35t8
- c) R11T35t4, R12T25t4, R13T25t4
- d) R12T25t8, R12T25t6, R12T35t6, R12T35t8, R13T25t6, R13T25t8, R13T35t6, R13T35t8 (mayor CHD)

El único tratamiento que presenta diferencias significativas con todos los demás, para la variable de respuesta CHD es el tratamiento R11T25t4 (a).

Las desviaciones estándar de los tratamientos presentan valores muy bajos.

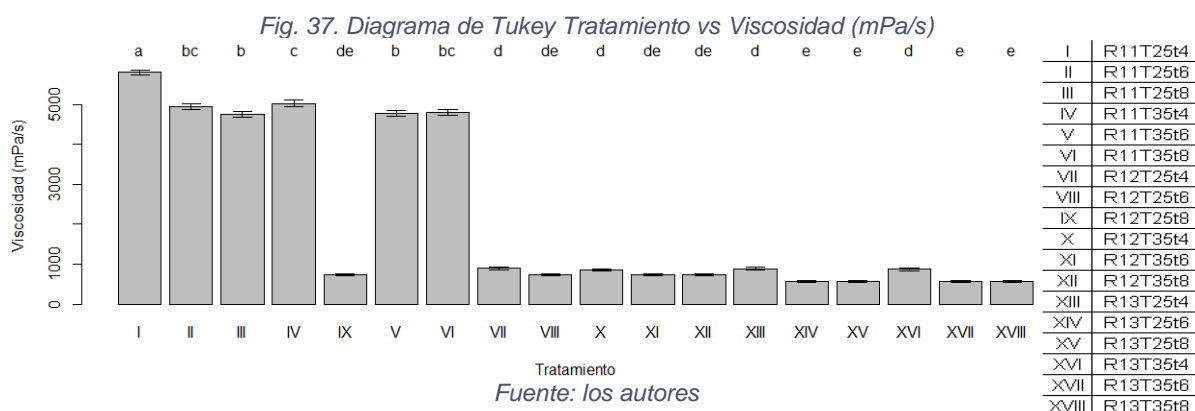


El MF del grano de garbanzo, sometido a diferentes tratamientos, marcados con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí, a un $P = 0,05$, de acuerdo al test de Tukey.

No se presentan diferencias significativas entre los valores de MF para los siguientes grupos de tratamientos:

- a) R11T25t4
- b) R11T25t6, R11T35t6
- c) R11T25t8, R11T35t8
- d) R11T35t4, R12T25t4, R12T35t4, R13T25t4, R13T35t4
- e) R12T25t8, R12T35t8, R13T25t8, R13T35t8
- f) R12T25t6, R12T35t6, R13T25t6, R13T35t6

Los mayores módulos de finura se encuentran en los grupos a, b y c, mientras que los menores se encuentran en los grupos d, e y f, de manera descendente.



La viscosidad del grano de garbanzo, sometido a diferentes tratamientos, marcadas con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí, a un $P=0,05$, de acuerdo al test de Tukey.

No se presentan diferencias significativas entre los valores de Viscosidad para los siguientes grupos de tratamientos:

- a) R11T25t4
- b) R11T25t6, R11T25t8, R11T35t6, R11T35t8
- c) R11T25t6, R11T35t4
- d) R12T25t8, R12T25t4, R12T25t6, R12T35t4, R12T35t6, R12T35t8, R13T25t4, R13T35t4
- e) R12T25t8, R12T25t6, R12T35t6, R12T35t8, R13T25t6, R13T25t8, R13T35t6, R13T35t8

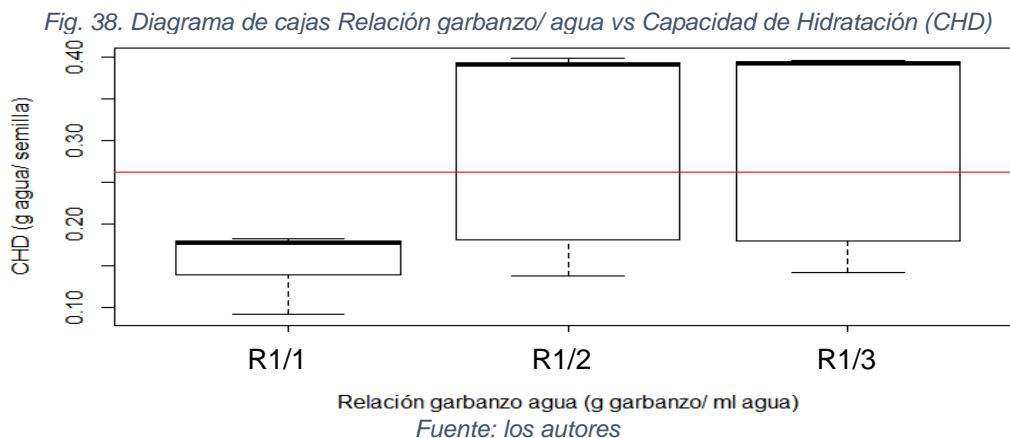
Al igual que en las demás variables de respuesta evaluadas, el tratamiento R11T25t4 presenta diferencias significativas con los demás tratamientos. Además de esto, se evidencia que no se presentan diferencias significativas en algunos grupos bc, de, así:

-bc- R11T25t6, R11T35t8: los tratamientos de este grupo no presentan diferencias con los tratamientos de grupo b, ni con los tratamientos del grupo c.

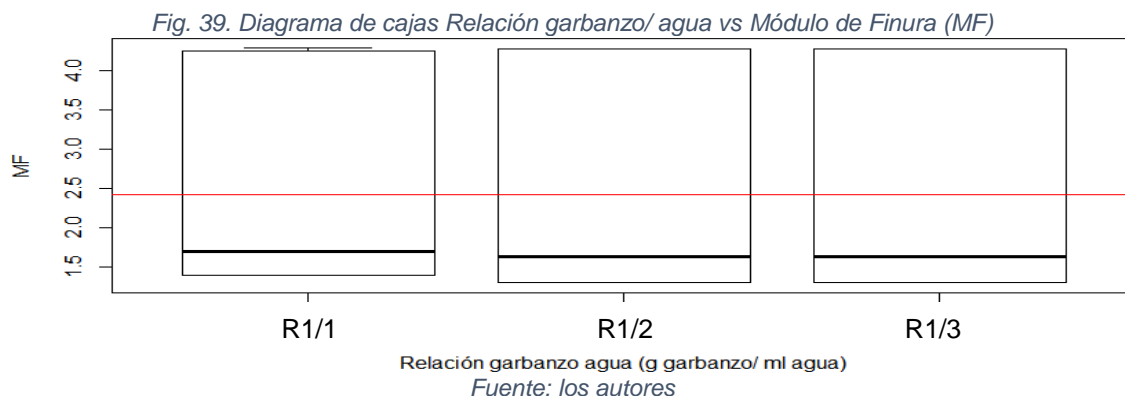
-de- R12T25t8, R12T25t6, R12T35t6, R12T35t8: los tratamientos de este grupo no presentan diferencias con los tratamientos de grupo d, ni con los tratamientos del grupo e.

8.1.2. INFLUENCIA DEL FACTOR RELACIÓN GARBANZO/AGUA (g garbanzo/ml agua) SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA MASA DE GARBANZO

a) Exploración de datos

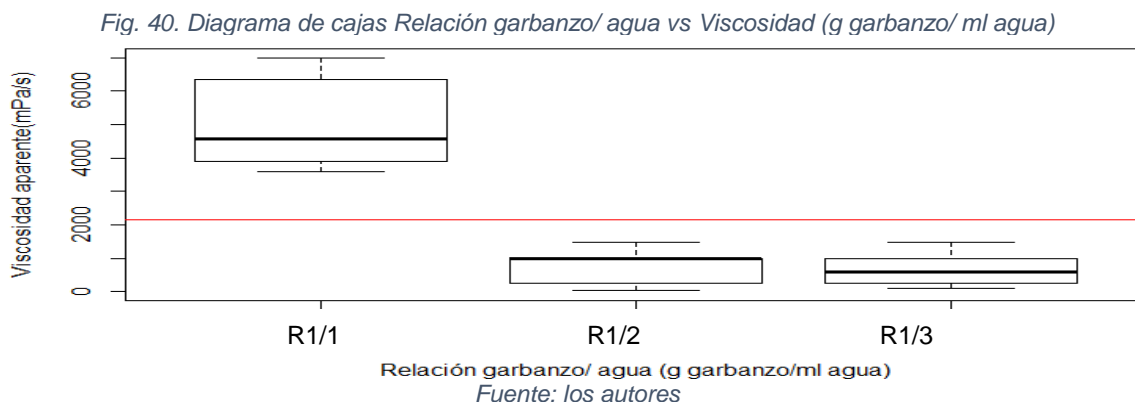


Para las relaciones garbanzo/ agua R1/2 y R1/3 se presenta la mayor CHD, con marcada dispersión de los datos, en mayor medida hacia los valores inferiores. Ambos niveles se encuentran sobre la media y no presentan datos atípicos. Para el caso de la relación R/1, esta presenta valores muy bajos de CHD, los cuales se encuentran por debajo de la media. Para este caso tampoco se evidencia la presencia de datos atípicos.



Las lecturas de MF presentan distribuciones similares para las tres relaciones garbanzo/agua, y todos se encuentran sobre la media global, con las medias de cada nivel por debajo de la media global.

No se evidencian datos atípicos en ninguno de los tres niveles.



Se evidencian los mayores valores de viscosidad para la relación garbanzo/ agua R1/1, con dispersión de los datos hacia arriba y hacia debajo de la caja. La media de este nivel se encuentra por encima de la media global del factor.

Para los niveles R1/2 y R1/3 se presentan valores por debajo de la media, con dispersión por encima y debajo de la caja, sin embargo, la media del nivel R1/3 se encuentra por debajo de la media del nivel R1/2.

No se encontraron valores atípicos en ninguno de los niveles.

b) Anova

Tabla 17. Anova para cada condición de relación garbanzo/agua

Anova	% Conf.	P Valor	Validación de Hipótesis
CHD	0,05	2,70E-06	P valor<0,05, existe evidencia estadística que indica que la Relación garbanzo/ agua afecta la Capacidad de Hidratación (CHD)
MF	0,05	0,992	P valor>0,05, existe evidencia estadística que indica que la Relación garbanzo/ agua NO afecta el Módulo de Finura (MF)
Viscosidad	0,05	3,26E-16	P valor<0,05, existe evidencia estadística que indica que la Relación garbanzo/ agua afecta la Viscosidad (mPa/s)

Fuente: los autores

Al ejecutar el Anova y realizar la validación de supuestos se encontró que éste sólo es válido para la variable de respuesta Viscosidad. Para las variables CHD y MF fue necesario realizar contraste no paramétrico a través del test de Kruskal-Wallis.

- **Validación de supuestos**

Tabla 18. Test de Normalidad de Shapiro Relación garbanzo/agua vs variables de respuesta

Shapiro test	% Conf.	P Valor	Validación de Hipótesis
CHD	0,05	1,91E-07	P valor<0,05, existe evidencia estadística que indica que los datos NO siguen una distribución normal
MF	0,05	8,95E-10	P valor<0,05, existe evidencia estadística que indica que los datos NO siguen una distribución normal
Viscosidad	0,05	0,356	P valor>0,05, existe evidencia estadística que indica que los datos siguen una distribución normal

Fuente: los autores

Sólo para el caso de la viscosidad se presenta una distribución normal de los datos.

Tabla 19. Test de Bartlett tratamiento vs variables de respuesta

Bartlett	% Conf.	P Valor	Validación de Hipótesis
CHD	0,05	8,668E-06	P valor<0,05, existe evidencia estadística que indica que los grupos NO presentan igual varianza~ NO son homocedásticos
MF	0,05	0,9886	P valor>0,05, existe evidencia estadística que indica que los grupos presentan igual varianza~ son homocedásticos
Viscosidad	0,05	0,05632	P valor>0,05, existe evidencia estadística que indica que los grupos presentan igual varianza~ son homocedásticos

Fuente: los autores

Sólo para el caso de CHD no se presenta igualdad de varianzas.

- **Contrastes no paramétricos**

Tabla 20. Test de Kruskal Wallis para contrastes no paramétricos- Relación garbanzo/agua Vs variables de respuesta

Bartlett	% Conf.	P Valor	Validación de Hipótesis
CHD	0,05	2,841E-4	P valor<0,05, existe evidencia estadística que indica que la Relación garbanzo/ agua afecta la Capacidad de Hidratación (CHD)
MF	0,05	0,6561	P valor>0,05, existe evidencia estadística que indica que la Relación garbanzo/ agua NO afecta el Módulo de Finura (MF)

Fuente propia

De acuerdo a la validación de los supuestos del Anova se encontró que, para CHD y MF, estos no se cumplieron. Por esta razón, se realizó la evaluación de la influencia de la relación garbanzo/ agua, sobre estas variables de respuesta a través del test de Kruskal-Wallis. Se encontró que, para la CHD y Viscosidad, éstas se ven afectadas por este factor, sin embargo, el MF no presenta variaciones significativas respecto a la relación garbanzo/ agua. Se evaluaron comparaciones múltiples a través de plot Tukey a través del comparativo de Kruskal.

- **Comparaciones múltiples**

Tabla 21. Comparaciones múltiples ~Método de Kruskal~ Relación garbanzo/agua vs Capacidad de Hidratación (CHD)

Comparisons	obs.dif	critical.dif	difference
R1/1-R1/2	17,194444	12,55414	TRUE
R1/1-R1/3	19,305556	12,55414	TRUE
R1/2-R1/3	2,111111	12,55414	FALSE

Fuente propia

Se presentan diferencias significativas entre los tratamientos R1/1-R1/2 y R1/1-R1/3, más no entre los tratamientos R1/2-R1/3. Éstos últimos indican que, bajo estas condiciones de hidratación, el grano es capaz de absorber mayor cantidad de agua, presentando mayores valores de CHD.

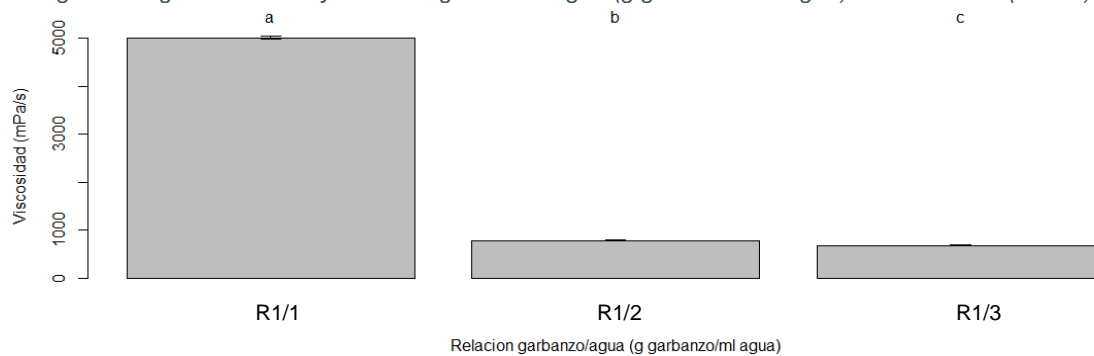
Tabla 22. Comparaciones múltiples ~Método de Kruskal~ Relación garbanzo/agua vs Módulo de Finura (MF)

Comparisons	obs.dif	critical.dif	difference
R1/1-R1/2	4,2500000	12,55414	FALSE
R1/1-R1/3	4,0833333	12,55414	FALSE
R1/2-R1/3	0,1666666	12,55414	FALSE

Fuente: los autores

No se evidencian diferencias significativas entre ninguno de los niveles del factor relación garbanzo/ agua, respecto al MF.

Fig. 41. Diagrama de Tukey Relación garbanzo/ agua (g garbanzo/ ml agua) vs Viscosidad (mPa/s)



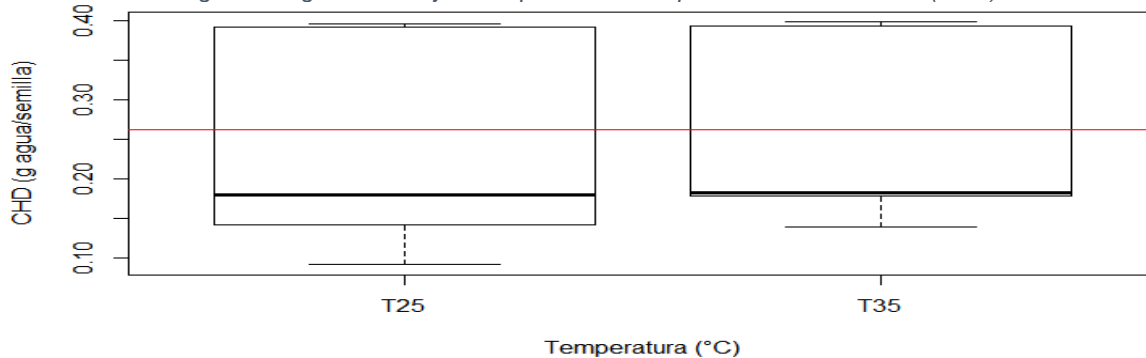
Fuente: los autores

Se evidencia estadísticamente diferencias significativas en los valores de viscosidad, para las tres relaciones de garbanzo/agua

8.1.3. INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA MASA DE GARBANZO

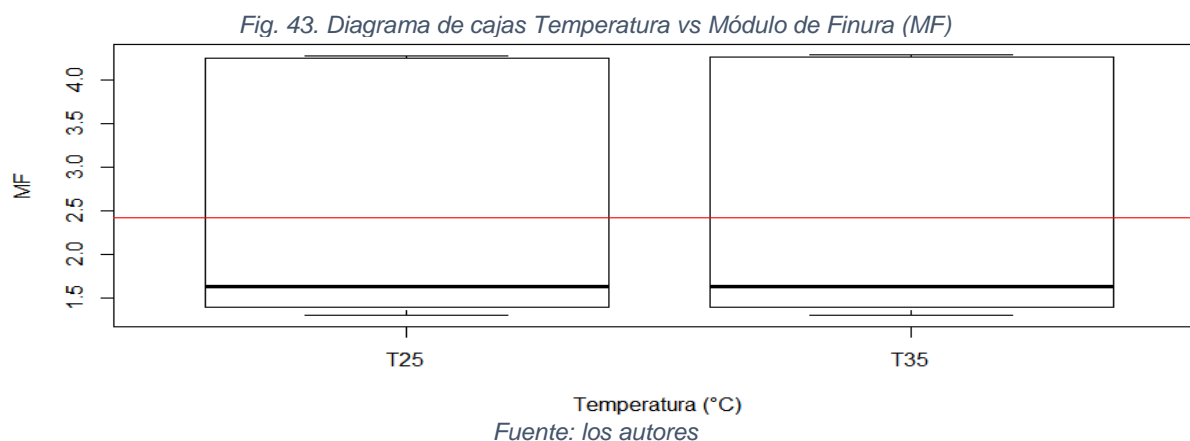
a) Exploración de datos

Fig. 42. Diagrama de cajas Temperatura vs Capacidad de Hidratación (CHD)

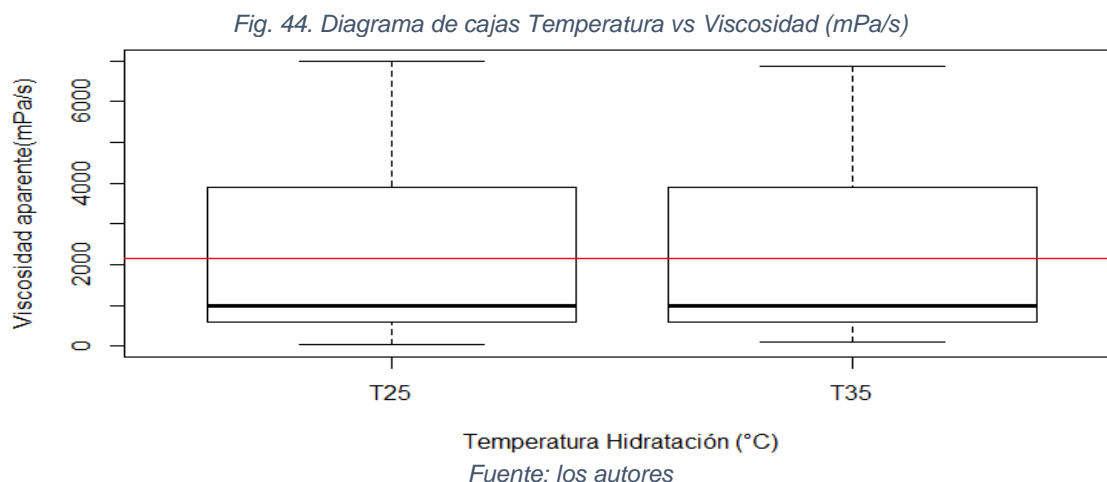


Fuente: los autores

Para ambos niveles del factor temperatura se evidencian distribuciones similares, sin presencia de datos atípicos y sobre la media global. Sin embargo, para la temperatura de 25° se encuentran valores más bajos de CHD. Ambas medias de los niveles se encuentran por debajo de la media global del factor y se encuentran cercanas entre ellas.



Se presentan amplias dispersiones para ambos niveles del tratamiento, con medias similares y por debajo de la media global. No se presentan datos atípicos en los niveles.



Las distribuciones para ambos niveles del factor temperatura, para la variable de respuesta Viscosidad presentan bastante similitud. En ambos casos se presentan amplias dispersiones hacia arriba la parte superior de las cajas y poca distribución

hacia abajo. Ambas medias son similares y se encuentran por debajo de la media global

b) Anova

Tabla 23. Anova para cada Temperatura aplicada

Anova	% Conf.	P Valor	Validación de Hipótesis
CHD	0,05	0,657	P valor>0,05, existe evidencia estadística que indica que la temperatura NO afecta la Capacidad de Hidratación (CHD)
MF	0,05	0,993	P valor>0,05, existe evidencia estadística que indica que la temperatura NO afecta el Módulo de Finura (MF)
Viscosidad	0,05	0,756	P valor>0,05, existe evidencia estadística que indica que la temperatura NO afecta la Viscosidad (mPa/s)

Fuente: los autores

Las diferentes Anovas realizadas indican que el factor temperatura no afecta sobre ninguna de las variables de respuesta. Sin embargo, no se cumplieron los supuestos para las variables de respuesta CHD y módulo de finura, por lo cual sólo se acepta el Anova para la Viscosidad. Se realizará contraste de Kruskal Wallis para evaluar la influencia de la temperatura sobre la CHD y MF.

- **Validación de supuestos**

Tabla 24. Test de Normalidad de Shapiro Temperatura vs variables de respuesta

Shapiro test	% Conf.	P Valor	Validación de Hipótesis
CHD	0,05	4,58E-08	P valor<0,05, existe evidencia estadística que indica que los datos NO siguen una distribución normal
MF	0,05	9,80E-10	P valor<0,05, existe evidencia estadística que indica que los datos NO siguen una distribución normal
Viscosidad	0,05	0,1256	P valor>0,05, existe evidencia estadística que indica que los datos siguen una distribución normal

Fuente: los autores

Sólo para la variable Viscosidad se cumple el supuesto de normalidad.

Tabla 25. Test de Bartlett Temperatura vs variables de respuesta

Bartlett	% Conf.	P Valor	Validación de Hipótesis
CHD	0,05	0,5499	P valor>0,05, existe evidencia estadística que indica que los grupos presentan igual varianza~ son homocedásticos
MF	0,05	0,9881	P valor>0,05, existe evidencia estadística que indica que los grupos presentan igual varianza~ son homocedásticos
Viscosidad	0,05	0,2356	P valor>0,05, existe evidencia estadística que indica que los grupos presentan igual varianza~ son homocedásticos

Fuente: los autores

Se cumple el supuesto de homocedasticidad para las tres variables de respuesta, respecto al factor temperatura.

- **Contrastes no paramétricos**

Tabla 26. Test de Kruskal Wallis para contrastes no paramétricos- Temperatura vs Variables de respuesta

Kruskal	% Conf.	P Valor	Validación de Hipótesis
CHD	0,05	0,1797	P valor>0,05, existe evidencia estadística que indica que la temperatura NO afecta la Capacidad de Hidratación (CHD)
MF	0,05	0,568	P valor>0,05, existe evidencia estadística que indica que la temperatura NO afecta el Módulo de Finura (MF)

Fuente: los autores

Al realizar los contrastes no paramétricos para CHD y MF se obtienen los mismos resultados del Anova, esto es que la temperatura a la que fue sometido el garbanzo al momento de la hidratación no afecta la CHD ni el MF.

- **Comparaciones múltiples**

Tabla 27. Comparaciones múltiples ~Método de Kruskal~ Temperatura vs Capacidad de Hidratación (CHD)

Comparisons	obs.dif	critical.dif	difference
T25-T35	5,740741	8,392064	FALSE

Fuente: los autores

No se presentan diferencias significativas en el valor de CHD en relación a las dos temperaturas a las que fue sometido el garbanzo en el momento de su hidratación.

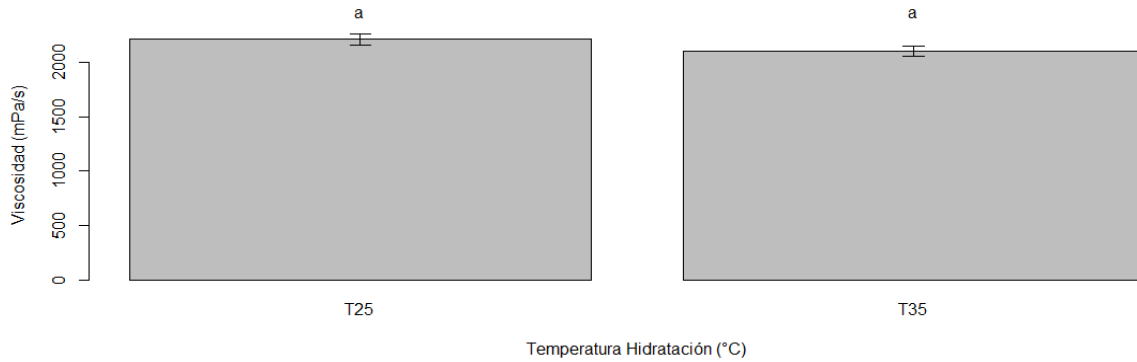
Tabla 28. Comparaciones múltiples ~Método de Kruskal~ Temperatura vs Módulo de Finura (MF)

Comparisons	obs.dif	critical.dif	difference
T25-T35	2,444444	8,392064	FALSE

Fuente: los autores

No se presentan diferencias significativas en el valor de MF en relación a las dos temperaturas a las que fue sometido el garbanzo en el momento de su hidratación.

Fig. 45. Diagrama de Tukey Temperatura de hidratación (°C) vs Viscosidad (mPa/s)



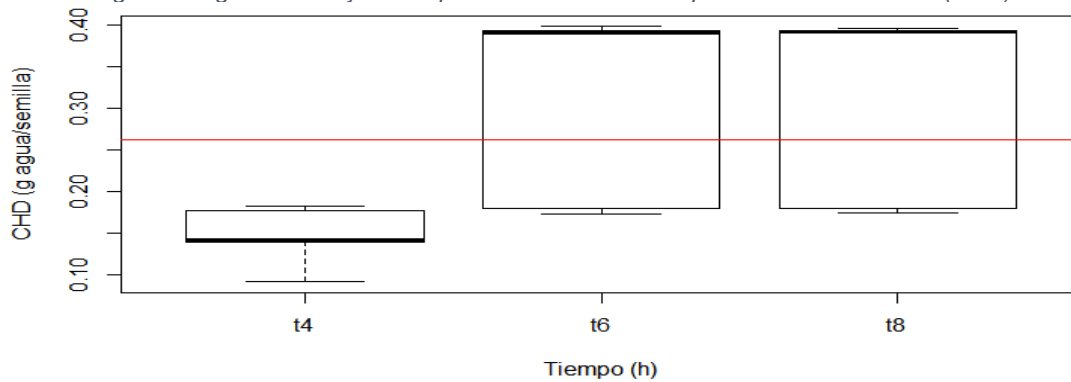
Fuente: los autores

No se presentan diferencias significativas en el valor de la Viscosidad en relación a las dos temperaturas a las que fue sometido el garbanzo en el momento de su hidratación.

8.1.4. INFLUENCIA DEL TIEMPO DE HIDRATACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA MASA DE GARBANZO

a) Exploración de datos

Fig. 46. Diagrama de cajas Tiempo de hidratación vs Capacidad de Hidratación (CHD)

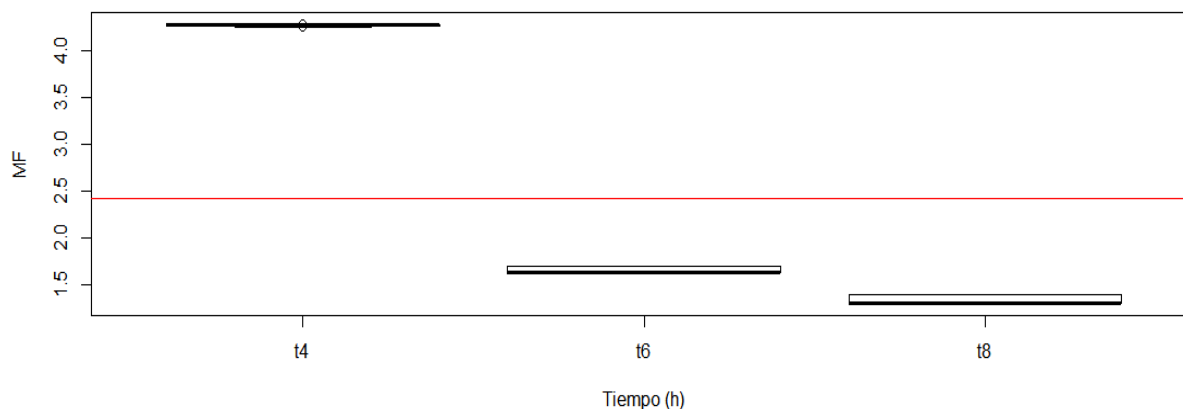


Fuente: los autores

Para los tiempos de hidratación t6 y t8 se presentan distribuciones y medias muy similares, siendo que ambas están ubicadas por encima de la media global y presentan valores cercanos. En el caso de t4, esta presenta poca dispersión en sus datos y se tanto su media como todos los valores que presentan se encuentran por debajo de la media global.

Para ninguno de los tres niveles del factor temperatura se encuentran valores de CHD por debajo de la media.

Fig. 47. Diagrama de cajas Tiempo de hidratación vs Módulo de Finura (MF)



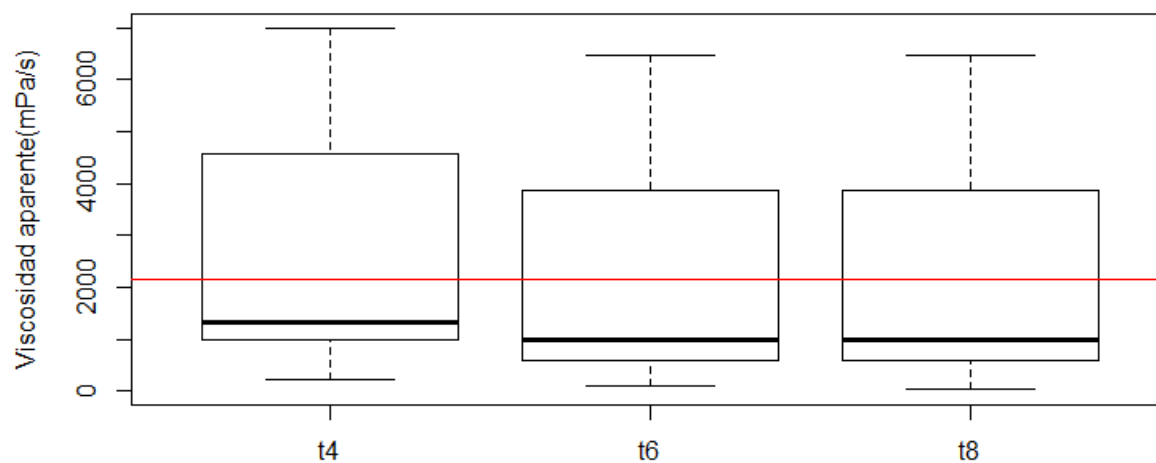
Fuente: los autores

Para los tres niveles del factor tiempo, respecto al MF se presentan dispersiones muy pequeñas en los datos y sin presencia de atípicos. Las medias de los tiempos t6 y t8 se encuentran cercanas y por debajo de la media global.

Los valores para t4 son mayores respecto a t6 y t8 y se encuentran por encima de la media global.

Se encuentran partículas más finas en t6 y t8, mientras que en t4 se encuentran partículas más gruesas.

Fig. 48. Diagrama de cajas Tiempo de hidratación vs Viscosidad (mPa/s)



Tiempo Hidratación (horas)

Fuente: los autores

Se presentan amplias dispersiones en los datos, principalmente en la parte superior de las cajas, en los tres niveles de temperatura. Para t6 y t8 se evidencian menores valores de viscosidad tanto en los límites superiores como inferiores de las cajas y presentan medias similares e inferiores a la de t4. Las medias de los tres tiempos de hidratación se encuentran por debajo de la media global del factor y sin presencia de atípicos.

En general se evidencian comportamientos similares en las tres temperaturas

a) Anova

Tabla 29. Anova para cada tiempo de hidratación

Anova	% Conf.	P Valor	Validación de Hipótesis
CHD	0,05	3,60E-08	P valor<0,05, existe evidencia estadística que indica que el tiempo de remojo afecta la Capacidad de Hidratación (CHD)
MF	0,05	2,00E-16	P valor<0,05, existe evidencia estadística que indica que el tiempo de Remojo afecta el Módulo de Finura (MF)
Viscosidad	0,05	2,2E-16	P valor<0,05, existe evidencia estadística que indica que el tiempo de hidratación afecta la Viscosidad (mPa/s)

Fuente: los autores

De acuerdo a los Anovas realizados, se determina que el tiempo de hidratación afecta tanto el CHD como el MF y la Viscosidad. Sin embargo, al no cumplirse los supuestos para CHD y MF, se realiza la evaluación de la influencia del factor tiempo sobre CHD y MF a través del test de Kruskal Wallis.

- **Validación de supuestos**

Tabla 30. Test de Normalidad de Shapiro Tiempo de hidratación vs variables de respuesta

Shapiro test	% Conf.	P Valor	Validación de Hipótesis
CHD	0,05	9,03E-08	P valor<0,05, existe evidencia estadística que indica que los datos NO siguen una distribución normal
MF	0,05	3,79E-06	P valor<0,05, existe evidencia estadística que indica que los datos NO siguen una distribución normal
Viscosidad	0,05	0,3022	P valor>0,05, existe evidencia estadística que indica que los datos siguen una distribución normal

Fuente: los autores

De acuerdo a los resultados arrojados por el test de Shapiro, se evidencia que los datos No presentan distribución normal para CHD y MF.

Tabla 31. Test de Bartlett Tiempo de hidratación vs variables de respuesta

Bartlett	% Conf.	P Valor	Validación de Hipótesis
CHD	0,05	8,12E-06	P valor<0,05, existe evidencia estadística que indica que los grupos NO presentan igual varianza~ NO son homocedásticos
MF	0,05	2,72E-07	P valor<0,05, existe evidencia estadística que indica que los grupos NO presentan igual varianza~ NO son homocedásticos
Viscosidad	0,05	0,2314	P valor>0,05, existe evidencia estadística que indica que los grupos presentan igual varianza~ son homocedásticos

Fuente: los autores

De acuerdo al test de Bartlett, se determina los grupos no presentan igualdad de varianza para CHD y MF.

- **Contrastes no paramétricos**

Tabla 32. Test de Kruskal Wallis para contrastes no paramétricos - Tiempo de hidratación vs variables de respuesta

Bartlett	% Conf.	P Valor	Validación de Hipótesis
CHD	0,05	8,12E-06	P valor<0,05, existe evidencia estadística que indica que el tiempo de hidratación afecta la Capacidad de Hidratación (CHD)
MF	0,05	2,72E-07	P valor<0,05, existe evidencia estadística que indica que el tiempo de hidratación afecta el módulo de finura (MF)

Fuente: los autores

A través del test de Kruskal Wallis se determina que tanto la CHD como el MF son afectadas por el factor tiempo de hidratación.

- **Comparaciones múltiples**

Tabla 33. Comparaciones múltiples ~Método de Kruskal~ Tiempo de hidratación vs Capacidad de Hidratación (CHD)

	obs.dif	critical.dif	difference
t4-t6	22,8333333	12,55414	TRUE
t4-t8	23,4166667	12,55414	TRUE
t6-t8	0,5833333	12,55414	FALSE

Fuente: los autores

Se presentan diferencias significativas en los valores de CHD entre t4 con respecto a t6 y t8, mientras que entre t6 y t8 no se presentan diferencias significativas.

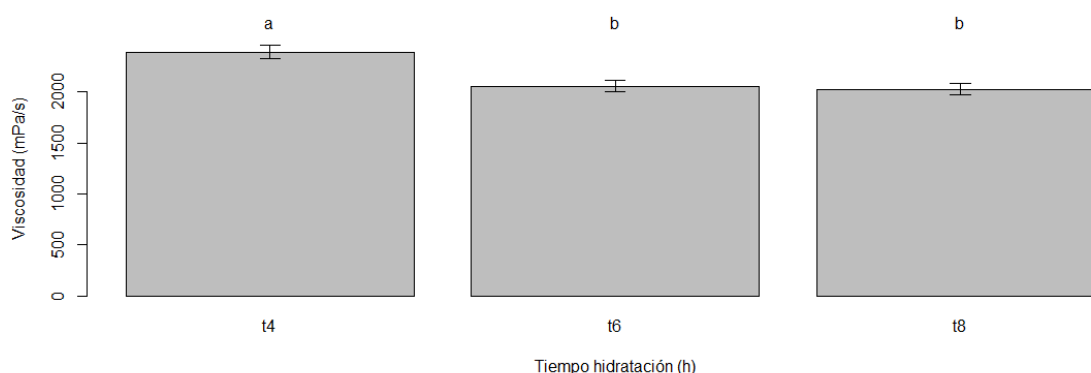
Tabla 34. Comparaciones múltiples ~Método de Kruskal~ Tiempo de hidratación vs Módulo de Finura (MF)

	obs.dif	critical.dif	difference
t4-t6	18	12,55414	TRUE
t4-t8	36	12,55414	TRUE
t6-t8	18	12,55414	TRUE

Fuente: los autores

Se presentan diferencias significativas en los valores de MF entre todos los pares del factor tiempo.

Fig. 49. Diagrama de Tukey Tiempo de hidratación (h) vs Viscosidad (mPa/s)



Fuente: los autores

No se presentan diferencias significativas entre los valores de viscosidad para los tiempos de hidratación t6 y t8, más si entre éstos con t4.

9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

a) Capacidad de hidratación:

La CHD encontrada en la bibliografía para el grano de garbanzo Kabuli fue de $0,20 \pm 0,01$ g agua /semilla (Kaur et al., 2005), sin embargo, en este caso, el garbanzo fue sometido a cocción y no se indica el tiempo ni la cantidad de agua utilizados para el proceso de hidratación. En contraste con lo encontrado en el presente estudio, se hallaron valores mínimos de CHD de $0,0948 \pm 0,0033$ g agua/semilla, en un grano hidratado a una relación R1/1 a temperatura ambiente (25°C), por un tiempo de 4 h (tratamiento R11T25t4) y valores máximos de

0,3941±0,0031 g agua/semilla para un grano hidratado a una relación R1/3 a temperatura ambiente (25°C), por un tiempo de 8 h (tratamiento R13T25t8).

Los valores más altos de CHD se dieron en los tiempos de hidratación entre 6 y 8 horas, lo cual indica que este factor aumenta la CHD, sin embargo, estos se presentaron indistintamente de la temperatura, la cual, según esto no impacta la CHD.

En todos los tratamientos pertenecientes a la relación de garbanzo R1/1 se presentó baja capacidad de hidratación, con valores entre 0,0948±0,0033 g agua/semilla y 0,1802±0,0016 g agua/semilla. Lo anterior muestra que esta relación no es adecuada si se quiere alcanzar una alta CHD en el grano de garbanzo, sin embargo, esto depende de los requerimientos propios de cada proceso.

Estadísticamente se encontró que tanto la relación garbanzo/agua como el tiempo de hidratación inciden sobre la CHD del garbanzo, contrario a esto, no se evidenció influencia de la temperatura de hidratación sobre esta variable de respuesta.

b) Módulo de finura:

En trabajos anteriores se han encontrado módulos de finura (MF) para el garbanzo de 3,29 y 4,67±0,05 (gruesas), para la harina de trigo 1,62 y 2,27±0,11 (finas) (Hoyos Sánchez, Palacios Peña, & Peña, 2015), para la harina de brócoli 1,78 (finas) (Toro González, 2012) y para harina de maíz 5,94±0,06 (gruesas), sin embargo, aquí no se describe el método de obtención de la harina, por lo cual no es posible comparar estas condiciones con las evaluadas en el presente trabajo. En contraste con la bibliografía, en el presente estudio se encontraron tanto harinas gruesas como finas y muy finas, lo cual indica que esto no es una propiedad intrínseca del grano o cereal de estudio, sino del tratamiento al cual sea sometido.

Normalmente, para productos de panificación es deseable contar con harinas finas para lograr una mayor adhesión entre las partículas que forman la masa (Hoyos Sánchez et al., 2015), esto es $MF \geq 2,30$ para harinas finas y $MF \geq 1,50$ para harinas muy finas.

De acuerdo a los tratamientos a los cuales se sometió el garbanzo, se encontraron harinas muy finas en los tratamientos R11T25t8, R11T35t8, R12T25t8, R12T35t8, R13T25t8 y R13T35t6, en todos ellos el tiempo de hidratación fue de 8 horas. Con tiempos de hidratación de 6 h se obtuvieron harinas finas y con tiempos de 4 h se obtuvieron harinas gruesas, esto se presentó indistintamente de la temperatura, pero no de la relación garbanzo/ agua, siendo que, a mayor cantidad de agua, menor valor de MF. Según lo anterior, el módulo de finura es proporcional al tiempo de hidratación y a la relación garbanzo/ agua. A mayor relación garbanzo/

agua y a más tiempo de hidratación, más finos se encuentran en la harina obtenida.

Estadísticamente se encontró que el tiempo afecta significativamente el MF, más no la temperatura de hidratación ni la relación garbanzo/ agua, pues, a pesar de presentarse valores más bajos en relación a la relación garbanzo/ agua, ésta no es estadísticamente significativa.

c) Viscosidad:

En la bibliografía evaluada (Kahraman, Harsa, Lucisano, & Cappa, 2018b) se encontró que la adición de garbanzo a mezclas de harina de trigo, disminuyó su viscosidad al incorporar temperatura en su tratamiento, cabe resaltar que esta se adicionó en un proceso de tostado del grano, lo cual difiere ampliamente del tratamiento realizado en esta investigación.

En la relación garbanzo/agua R1/1 se presentó mayor resistencia a la deformación (R11T25t4 a R11T35t8), mientras que en los tratamientos con relación garbanzo/agua R1/2 y R1/3 (R12T25t4 a R13T35t8) la viscosidad encontrada fue menor, sin embargo, los comportamientos son diferenciados entre las relaciones R1/2 y R1/3 dado que para R1/3 la viscosidad es menor.

Estadísticamente se encontró que tanto la relación garbanzo/ agua, como el tiempo de hidratación, afectan la viscosidad de la masa de garbanzo hidratado, pues se encontraron mayores valores de viscosidad para mayores tiempos de hidratación y relación garbanzo/agua. Se determinó también que la temperatura de hidratación no representa influencia en la viscosidad de la masa de garbanzo.

d) Snack de arroz elaborado a partir de harina de garbanzo como sustituto proteínico.

A partir de los diferentes pretratamientos a los que fue sometido el garbanzo se elaboraron snacks de arroz, sustituyendo la totalidad de la proteína animal (cuajada) utilizada para la preparación tradicional de este tipo de productos. Estos se sometieron a evaluación organoléptica por parte de los clientes (mayoristas) de la empresa Naturela S.A.S, los cuales decidieron que el producto de mayor aceptación organoléptica fue el que fue preparado con garbanzo sometido al pretratamiento correspondiente al tratamiento R12T25t6 del presente estudio, el cual fue hidratado a una relación garbanzo/ agua R1/2 g/ml por un tiempo de 6 horas, a temperatura ambiente (25°C). Las características físicas encontradas en este tratamiento son: CHD: $0,3927 \pm 0,0010$ g agua/ semilla; MF: $1,6312 \pm 0,0003$ y una viscosidad de $1.015,2500 \pm 34,29$ mPa/s a 10 rpm, $983,0071 \pm 16,99$ mPa/s a 30 rpm y $211,4428 \pm 1,01$ mPa/s a 100 rpm.

Tabla 35. Conclusiones de los Anovas

Anova/ Kruskal W	Relación garbanzo/ agua	Tiempo de hidratación	Temperatura de hidratación	Tratamiento~interacción de los factores	Análisis de la interacción y los factores independientes
CHD	La Relación garbanzo/ agua afecta la Capacidad de Hidratación (CHD)	El tiempo de hidratación afecta la Capacidad de Hidratación (CHD)	La temperatura de hidratación del grano NO afecta la Capacidad de Hidratación (CHD)	El tratamiento (Relación garbanzo/ agua, T° y Tiempo afecta la Capacidad de Hidratación (CHD)	Los factores relación garbanzo/ agua y tiempo de hidratación inciden sobre la CHD del garbanzo, mientras que la temperatura de hidratación no. Según esto, se podrían obtener los mismos resultados de CHD sin adición de temperatura.
MF	La Relación garbanzo/ agua NO afecta el Módulo de Finura (MF)	El tiempo de hidratación afecta el módulo de finura (MF)	La temperatura de hidratación NO afecta el Módulo de Finura (MF)	El tratamiento (Relación garbanzo/ agua, T° y Tiempo afecta el módulo de Finura (MF)	Sólo el factor tiempo de hidratación presentó influencia sobre el MF
Viscosidad	La Relación garbanzo/ agua afecta la Viscosidad (mPa/s)	El tiempo de hidratación afecta la Viscosidad (mPa/s)	La temperatura de hidratación NO afecta la Viscosidad (mPa/s)	El tratamiento (Relación garbanzo/ agua, T° y Tiempo afecta la Viscosidad (mPa/s)	Los factores relación garbanzo/ agua y tiempo de hidratación inciden sobre la Viscosidad, mientras que la temperatura de hidratación no muestra influencia sobre esta. Según esto, se podrían obtener los mismos resultados de Viscosidad sin adición de T°.
Conclusión Factor	La relación garbanzo/agua presenta afectación sobre la CHD y la Viscosidad, pero no sobre el MF	El tiempo de hidratación presenta afectación sobre todas las variables de respuesta evaluadas (CHD, MF y Viscosidad)	La temperatura aplicada en la hidratación NO presenta afectación sobre todas las variables de respuesta evaluadas (CHD, MF y Viscosidad)	Al evaluar los tratamientos, se encuentran diferencias significativas entre éstos. Sin embargo, se encontró que el factor temperatura por sí solo, no tiene influencia estadísticamente significativa sobre ninguna de las variables de respuesta evaluadas.	

Fuente: los autores

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1. Conclusiones

Para todos los tratamientos aplicados se encontró evidencia estadística que indica que éstos influyen sobre las la capacidad de hidratación (CHD), el módulo de finura (MF) y la viscosidad, sin embargo, al realizar la evaluación individual de los factores “relación garbanzo/ agua”, “tiempo de hidratación” y “temperatura de hidratación”, se puede determinar que la “temperatura de hidratación” no tiene ninguna incidencia sobre las variables de respuesta,

Al evaluar la influencia de los factores sobre la CHD se establece estadísticamente que la “relación garbanzo/ agua” y el “tiempo de hidratación” afectan su comportamiento, de tal forma que se presentan mayores valores de CHD para t8, seguido por t6, y menores valores para t4, sin embargo, para todas las relaciones R1/1 la CHD fue baja respecto R1/2 y R1/3.

El módulo de finura se concluye que el único factor que influye significativamente sobre su comportamiento es el tiempo de hidratación, encontrando partículas finas en t6 y partículas muy finas en t8, lo cual podría ser favorable para productos de panificación que requieran una textura muy fina.

La viscosidad se ve afectada principalmente por la “relación garbanzo/agua”, aunque también, según la evidencia estadística, por el “tiempo de hidratación”. La “temperatura” por otro lado no presenta incidencia en esta variable.

A través del tratamiento estadístico realizado se logró concluir que la temperatura no es un factor significativo sobre ninguna de en las variables de respuesta evaluadas, la relación agua garbanzo influye sobre la CHD y la Viscosidad, pero no sobre el módulo de finura y que el tiempo durante el cual se realiza la hidratación del grano afecta todas las variables evaluadas.

Se concluyó que, para la preparación de snack de arroz se requiere que el garbanzo tratado presente partículas finas ($MF \leq 2,30$), alta capacidad de hidratación y viscosidad no menor a $211,4428 \pm 1,01$ mPa/s a 100 rpm.

Dadas las anteriores condiciones es posible afirmar que es viable utilizar proteína de garbanzo, como sustituto de cuajada en la elaboración de un snack de arroz, proporcionando características organolépticas y estructurales propias de este tipo de productos, lo cual llevó la aceptación del producto por parte del cliente.

10.2. Recomendaciones

Dado que la demanda de productos libres de proteína animal es cada vez mayor, se recomienda realizar investigaciones sobre otras propiedades fisicoquímicas del garbanzo y de harinas de diferentes cereales.

Se recomienda realizar la obtención de harinas de diferentes proteínas vegetales, evaluando su vida útil.

Se recomienda estudiar el perfil proteínico del garbanzo sometido a las condiciones del tratamiento R12T25t6 dado que presentó resultados deseados para el consumidor.

Se recomienda ahondar en el estudio de propiedades viscoelásticas del garbanzo y sus harinas, así como del almidón que se puede extraer de él.

Se recomienda seguir fortaleciendo la relación Universidad- empresa, lo cual facilita el desarrollo profesional de los estudiantes y aporta oportunidades de desarrollo de nuevos productos para las empresas.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acharjee, S., & Sarmah, B. K. (2013). Biotechnologically generating 'super chickpea' for food and nutritional security. *Plant Science*, 207, 108–116. <https://doi.org/10.1016/J.PLANTSCI.2013.02.003>
- Adebowale, Y. A., Adeyemi, I. A., & Oshodi, A. A. (2005). Functional and physicochemical properties of flours of six *Mucuna* species. *African Journal of Biotechnology*, 4(12), 1461–1468. Retrieved from <http://www.academicjournals.org/AJB>
- Aguilar Raymundo, V.G; Vélez Ruiz, J. . (2013). Propiedades nutricionales y funcionales del garbanzo (*Cicer arietinum* L.). *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 7(2), 25–34. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Vicky_Aguilar/publication/319185894_Propiedades_nutricionales_y_funcionales_del_garbanzo_Cicer_arietinum_L/links/5999e8dbaca272e41d3ec59c/Propiedades-nutricionales-y-funcionales-del-garbanzo-Cicer-arietinum-L.pdf
- Antonio, J., & Mancera, M. (2002). *EL CULTIVO DEL GARBANZO*. Madrid. Retrieved from https://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1982_05.pdf
- Association of Oficial Analytical Chemists. (2005). *Official Methods of Analysis*; AOAC. Retrieved from <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>
- ASTM. ASTM C 125 Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates (2001). Retrieved from <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.cuentasbajadas29092009/harenas.anterior/docs/LABORATORIO MATERIALES I/INFORMES DE LABORATORIO/ASTM C125 TERMINOLOGIA.PDF>
- Badui Dergal, S.; (2006). *Química de los Alimentos*. (Pearson Education, Ed.) (Cuarta). México D.F.
- Bar-El Dadon, S., Abbo, S., & Reifen, R. (2017). Leveraging traditional crops for better nutrition and health - The case of chickpea. *Trends in Food Science & Technology*, 64, 39–47. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2017.04.002>
- Camargo, L. M. (2017). Especial Alimentación especial 34. *Revista Alimentaria*, 480, 34–39. Retrieved from https://www.revistaalimentaria.es/fotos_noticias/PDF4193.pdf
- Caperuto, L. C., Amaya-Farfan, J., & Camargo, C. R. (2001). Performance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) flour in the manufacture of gluten-free spaghetti. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(1), 95–101.

[https://doi.org/10.1002/1097-0010\(20010101\)81:1<95::AID-JSFA786>3.0.CO;2-T](https://doi.org/10.1002/1097-0010(20010101)81:1<95::AID-JSFA786>3.0.CO;2-T)

- Departamento de Gestión de Recursos Naturales y Medio Ambiente Consultative Group on International Agricultural Research Technical Advisory Committee. (2012). Review of CGIAR Priorities and Strategies. Retrieved from <http://www.fao.org/wairdocs/tac/x5756e/x5756e08.htm#5.4.1.chickpea>
- Dinero. (2018). Tendencias del consumidor en los últimos 10 años. Retrieved September 17, 2018, from <https://www.dinero.com/caratula/edicion-impresa/articulo/tendencias-del-consumidor-ultimos-10-anos/17122>
- Dolores Alvarez, M., Fuentes, R., Dolores Olivares, M., Cuesta, F. J., & Canet, W. (2014). Thermorheological characteristics of chickpea flour slurry as affected by moisture content. *Journal of Food Engineering*, 136, 9–18. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2014.03.014>
- Flores-Silva, P. C., Berrios, J. D. J., Pan, J., Agama-Acevedo, E., Monsalve-González, A., & Bello-Pérez, L. A. (2015). Gluten-free spaghetti with unripe plantain, chickpea and maize: physicochemical, texture and sensory properties. *CyTA - Journal of Food*, 13(2), 159–166. <https://doi.org/10.1080/19476337.2014.929178>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017). FAOSTAT. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/en/#compare>
- García Martínez, nombre, & Segovia, F. (2010). Determinación de la humedad de un alimento por un método gravimétrico indirecto por desecación.
- Geankoplis, C. J. (2003). *Transport Processes and Separation Process Principles (Includes Unit Operations)*. (Prentice Hall, Ed.) (4th ed.).
- Granados, C. C., Enrique Guzman, L. C., Acevedo, D. C., Díaz, M. M., & Herrera, A. A. (2014). PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDON DE SAGU (*Maranta arundinacea*) FUNCIONALES PROPERTIES SAGO STARCH (*Maranta arundinacea*) PROPRIEDADES FUNCIONAIS DO AMIDO DE ARARUTA (*Maranta arundinacea*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* (Vol. 12). Julio-Diciembre. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n2/v12n2a10.pdf>
- Hoyos Sánchez, D., Palacios Peña, A. G., & Peña, G. P. (2015). UTILIZACIÓN DE HARINAS COMPUESTAS DE MAÍZ Y GARBANZO ADICIONADAS CON FIBRA DE CÁSCARA DE PIÑA PARA SUSTITUCIÓN DE HARINA DE TRIGO EN PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN. Universidad del Valle. Retrieved from <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/xmlui/bitstream/handle/10893/8889/CB-0529111.pdf?sequence=1>
- Kahraman, G., Harsa, S., Lucisano, M., & Cappa, C. (2018a). Physicochemical

- and rheological properties of rice-based gluten-free blends containing differently treated chickpea flours. *LWT*, 98, 276–282. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2018.08.040>
- Kahraman, G., Harsa, S., Lucisano, M., & Cappa, C. (2018b). Physicochemical and rheological properties of rice-based gluten-free blends containing differently treated chickpea flours. *LWT*, 98, 276–282. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2018.08.040>
- Kaur, M., Singh, N., & Sodhi, N. S. (2005). Physicochemical, cooking, textural and roasting characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Journal of Food Engineering*, 69(4), 511–517. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2004.09.002>
- Knippschild, U., Wolff, S., Giamas, G., Brockschmidt, C., Wittau, M., Würl, P. U., ... Stöter, M. (2005). The role of the casein kinase 1 (CK1) family in different signaling pathways linked to cancer development. *Onkologie*, 28(10), 508–14. <https://doi.org/10.1159/000087137>
- Kudrat, T., & Mujumdar, A. S. (2009). *Advanced drying Technology* (Taylor and). Boca Raton, FL, USA. Retrieved from <http://197.14.51.10:81/pmb/AGROALIMENTAIRE/Advanced Drying Technologies.pdf>
- Magaña Barajas, Elisa; Ramírez Wong, Benjamín; Torres Chávez, Patricia Isabel; Sánchez Machado, Dalia Isabel; López Cervantes, J. (2011). EFECTO DEL CONTENIDO DE PROTEÍNA, GRASA Y LEVADURA EN LAS PROPIEDADES VISCOELÁSTICAS DE LA MASA Y LA CALIDAD DE PAN TIPO FRANCÉS. *Red de Revistas Científicas de América Latina y El Caribe, España y Portugal*, 36(4), 248–253. Retrieved from <http://www.redalyc.org/html/339/33917994002/>
- McCabe, Smith, & Harriot. (2002). *OPERACIONES UNITARIAS EN INGENIERÍA QUÍMICA*. (Mc Graw Hill, Ed.) (6ta ed.). Mexico.
- Milán-Carrillo, J., Reyes-Moreno, C., Armienta-Rodelo, E., Carábez-Trejo, A., & Mora-Escobedo, R. (2000). Physicochemical and Nutritional Characteristics of Extruded Flours from Fresh and Hardened Chickpeas (*Cicer arietinum* L). *LWT - Food Science and Technology*, 33(2), 117–123. <https://doi.org/10.1006/FSTL.1999.0620>
- Miñarro, B., Albanell, E., Aguilar, N., Guamis, B., & Capellas, M. (2012). Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread. *Journal of Cereal Science*, 56(2), 476–481. <https://doi.org/10.1016/J.JCS.2012.04.012>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2018). Producción Nacional de garbanzo. Retrieved from <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>

- Naturela S.A.S. (2017). Rosquillas veganas Naturela. Retrieved September 17, 2018, from <https://naturela.com/producto/rosquillas-veganas/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO. (2016). *LAS LEGUMBRES CONTRIBUYEN A LA SEGURIDAD ALIMENTARIA FUENTE ASEQUIBLE DE PROTEÍNAS Y MINERALES*. Retrieved from http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/pulses-2016/docs/factsheets/FoodSecurity_SP_PRINT.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (2007). *Codex Alimentarios cereales, legumbres, leguminosas y productos protéinicos vegetales*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-a1392s.pdf>
- Pineda-Gómez, P., Coral, D. F., Arciniegas, M. L., Rorales-Rivera, A., & Rodríguez García, M. E. (2009). Papel del agua en la gelatinización del almidón de maíz: estudio por calorimetría diferencial de barrido. *Ingeniería y Ciencia*, 6(11), 129–141. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/ince/v6n11/v6n11a08.pdf>
- Plant Village. (2015). Chickpea (gram pea) | Diseases and Pests, Description, Uses, Propagation. Retrieved September 11, 2018, from <https://plantvillage.psu.edu/topics/chickpea-gram-pea/infos>
- Salager, J. (2007). *GRANULOMETRIA-TEORIA*. Mérida, Venezuela. Retrieved from <http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S554A.pdf>
- Shay, H., Gruenstein, M., & Shimkin, M. B. (1964). Effect of Casein, Lactalbumin, and Ovalbumin on 3-Methylcholanthrene-Induced Mammary Carcinoma in Rats<xref ref-type="fn" rid="FN2">2</xref> *JNCI: Journal of the National Cancer Institute*, 33(2), 243–253. <https://doi.org/10.1093/jnci/33.2.243>
- Siddique, K. (2016). Pulses contribution to production and dietary diversity to eradicate hunger and malnutrition. Perth; Western Australia: The University of Western Australia. Retrieved from http://www.fao.org/fileadmin/templates/rap/files/meetings/2016/161203_Pulses_contribution_to_production_and_dietary_diversity_to_eradicate_hunger_and_malnutrition.pdf
- Siddique, K. H. ., & Krishnamurthy, L. (2016). Chickpea, Agronomy. *Reference Module in Food Science*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.00192-X>
- Singh, N., Singh Sandhu, K., & Kaur, M. (2004). Characterization of starches separated from Indian chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Journal of Food Engineering*, 63(4), 441–449. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2003.09.003>
- Soedamah-Muthu, S. S., Ding, E. L., Al-Delaimy, W. K., Hu, F. B., Engberink, M. F., Willett, W. C., & Geleijnse, J. M. (2011). Milk and dairy consumption and

- incidence of cardiovascular diseases and all-cause mortality: dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 93(1), 158–171. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2010.29866>
- Statista. (2018). Production volume of chickpeas worldwide from 2013 to 2017, by country (in 1,000 metric tons). Retrieved from <https://www.statista.com/statistics/722203/chickpeas-production-volume-by-country-worldwide/>
- Tontul, İ., Kasimoglu, Z., Asik, S., Atbakan, T., & Topuz, A. (2018). Functional properties of chickpea protein isolates dried by refractance window drying. *International Journal of Biological Macromolecules*, 109, 1253–1259. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2017.11.135>
- Toro González, A. (2012). *DESARROLLO DE UN PRODUCTO DE PANIFICACIÓN A PARTIR DE UNA HARINA COMPUESTA DE TRIGO, GARBANZO Y BRÓCOLI*. Universidad de San Buenaventura, Cali. Retrieved from https://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/1107/1/Panificación_Trigo_Brócoli_González_2012.pdf
- Torres-Moreno, M., Torrescasana, E., Salas-Salvadó, J., & Blanch, C. (2015). Nutritional composition and fatty acids profile in cocoa beans and chocolates with different geographical origin and processing conditions. *Food Chemistry*, 166, 125–32. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.141>
- Vinagre, J., & FAO. (1996). CALIDAD DE METODOS ANALITICOS. In *Producción y manejo de datos de composición química de alimentos en nutrición* (pp. 137–163). Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-ah833s.pdf>
- Zhong, L., Fang, Z., Wahlqvist, M. L., Wu, G., Hodgson, J. M., & Johnson, S. K. (2018). Seed coats of pulses as a food ingredient: Characterization, processing, and applications. *Trends in Food Science & Technology*, 80, 35–42. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2018.07.021>

12. ANEXOS

Anexo. 1 Balanza determinadora de humedad



Anexo. 2. Balanza de precisión



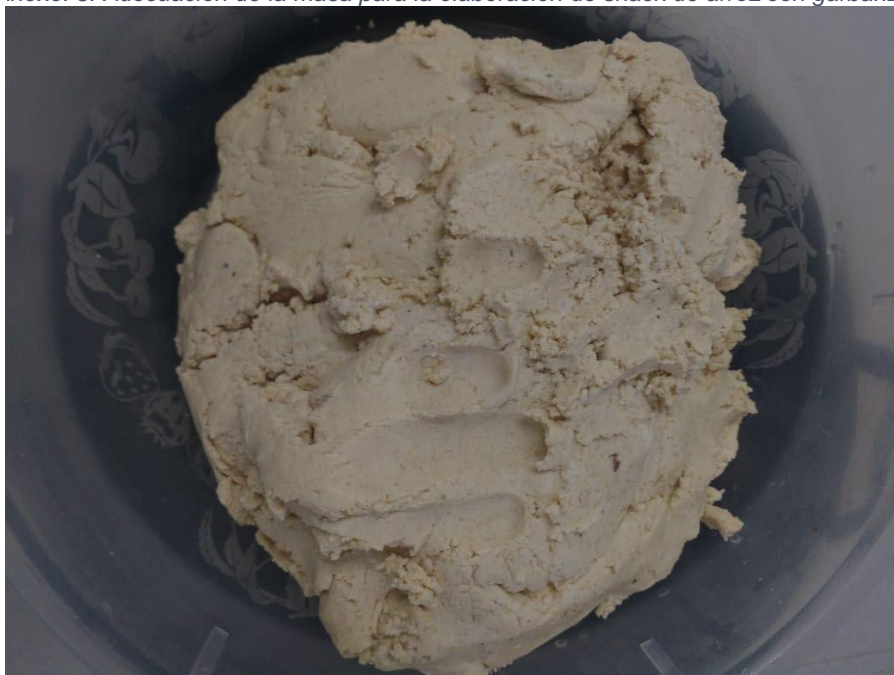
Anexo. 3. Baño de María



Anexo. 4. Horno deshidratador de alimentos



Anexo. 5. Adecuación de la masa para la elaboración de snack de arroz con garbanzo



Anexo. 6. Moldeamiento de los snacks



Anexo. 7. Producto final

